

ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ГРУШЕЦЬКИЙ РОМАН ІВАНОВИЧ**

УДК 664.994: 547

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ  
КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФРУКТАНІВ І ДІСТИЧНИХ  
ДОБАВОК НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції  
Технічні науки

Подається на здобуття наукового  
ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне  
джерело

Р.І. Грушецький

Науковий консультант:  
Хомічак Любомир Михайлович,  
д.т.н., професор.,  
член-кореспондент НААН України

Київ – Харків – 2018 рік

## АНОТАЦІЯ

Грушецький Р.І. Наукове обґрунтування та розроблення комплексної технології фруктанів і дієтичних добавок на основі рослинної сировини – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. – Інститут продовольчих ресурсів НААН України, Київ – 02002.

Дисертація присвячена розробленню технології фруктанів та дієтичних добавок на їх основі із рослинної сировини.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розвитку науково практичних положень і створенні методології отримання фруктанів на основі вибору раціональних параметрів технологічного циклу фракціонування складових фруктанвмісних рослин залежно від їх біохімічних і фізико-хімічних властивостей.

*Вперше :*

- Виявлено залежність фізико-хімічних властивостей фруктанів від виду сировини та способу фракціонування її складових, що забезпечує отримання продукту прогнозованої якості в системі сировина – інулін.

- Теоретично обґрунтовані та розроблені наукові положення інноваційної біотехнології високомолекулярних фруктанів із різної інулінвмісної сировини з отриманням інуліну зі ступенем полімеризації 30 і більше одиниць.

- Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено параметри агротехнології культивування традиційних і дикоростучих інулінвмісних рослин в лісостеповій зоні України, що забезпечує їх найбільш ефективний біологічний потенціал в умовах багаторічного вирощування.

- Клінічними дослідженнями доведено доцільність використання отриманих високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі як таких, що мають лікувально профілактичну дію при цукровому діабеті, при порушеному ліпідному обміні та патологіях ендокринної системи.

*Отримали подальший розвиток дані щодо:*

- Технологічних закономірностей формування хімічного складу, фізико-хімічних властивостей фруктанів від способу їх вилучення, що забезпечує автентичність їх просторової структури;

- Обґрунтування рецептур та створення технології дієтичних добавок лікувально профілактичного призначення на основі високомолекулярних фруктанів;

- Розроблення концепції комплексного перероблення інулінвмісної сировини та утилізації відходів.

Для досліджень застосовані органолептичні, технологічні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні, медико-біологічні методи та методи комп'ютерного оброблення експериментальних даних із використанням комп'ютерних технологій.

Проведені дослідження основних стадій виділення фруктанів із інулінвмісної сировини та фізико-хімічних властивостей інулінів із різною молекулярною масою, наведено результати фізико-хімічних, хімічних, хроматографічних, термогравіметричних, ґрунтово кліматичних досліджень, та досліджень інулінвмісної рослин, які є науковим обґрунтуванням розроблення технологій фруктанів із рослинної сировини.

Дослідження зміни кількісного та якісного складу інулінвмісної сировини протягом зберігання показали, що максимальний термін зберігання рослинної сировини до початку переробки не повинен перевищувати 7-15 діб. Досліджено процеси подрібнення сировини та одержання клітинного соку. Показано, що при пресовому способі одержання соку, потрібно витримувати температуру сировини та одержуваного соку не нижче 20°C, корені та бульби інулінвмісної сировини перед пресуванням молоти до часток  $\leq 2$ мм і процес вести з короткочасним (до 1хв.) витримуванням. Проводились дослідження процесів очистки соків та екстрактів. Встановлено, що очистка розчинів інуліну при сильно лужних та кислих значеннях рН призводить до зниження вмісту високомолекулярних фракцій інуліну (в середньому на 20-30%), та зниженню ССП на 8-10од. В результаті досліджень умов осадження фруктанів

встановлено, що оптимальною температурою осадження високомолекулярного інуліну (ВМІ) із розчинів є температура  $0+5^{\circ}\text{C}$ , уникаючи заморожування. В роботі показана можливість фракціонування інуліну етиловим спиртом. Досліджено розчинність інулінів в залежності від їх молекулярної маси. Встановлено, що різні інуліни із середнім ступенем полімеризації від СП15 до СП35 мають різні фізико-хімічні властивості, тому запропоновано розбити їх на групи і дати назви:  $\text{ССП}\cong 15$  - **інулід**;  $\text{ССП}\cong 25$  – **інулін**;  $\text{ССП}\cong 35$  – **інулан**. Дослідження желуючих властивостей фруктанів із різною ММ показали, що для утворення гелів на основі низькомолекулярних інулінів краще підходить «холодний» метод, тоді як для утворення гелів на основі високомолекулярних інулінів потрібно використовувати «гарячий» метод. Показано, що обробку ультразвуком можна рекомендувати для розділення суспензій фруктанового виробництва в процесі осадження ВМФ перед відфільтровуванням. Проведені дослідження здатності фруктанів з різною молекулярною масою до набухання. В результаті комп'ютерного моделювання молекули інуліну визначили, що інулін з спіральною конфігурацією формується в особливих умовах гідратації. Тому можна висловити думку, що різні форми фруктанів, відомі під назвами  $\alpha$ -,  $\beta$ -, та  $\gamma$ -інулін відрізняються за своїми фізико-хімічними та біологічними властивостями в силу різної просторової будови. Ця просторова будова зумовлена умовами гідратації осаджуваних фруктанів. Очевидно, різні конформації фруктанового ланцюга залежать від співвідношення міжмолекулярних та внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, які має молекула фруктану в певних умовах утворення фаз. Методом математичного моделювання встановлено, що оптимальними параметрами виходу ВМ інуліну при максимальному значенні узагальненого критерію  $F(x)=0,253$  будуть: концентрація етанолу 16,75% і час осадження 0,5 год. При цьому інтегральний вихід ВМ інуліну складе 1,083. Досліджено процеси висушування високомолекулярних фруктанів. Показано, що висушування ВМ інуліну, з метою одержання продукту з максимальною біологічною дією, слід проводити

при температурах, не вищих +50°C. Для висушування ВМ інуліну технічного призначення, можливе застосування температур в межах 50-100°C.

В роботі розроблені технології комплексної переробки інулінвмісної рослинної сировини, проведено аналіз можливих втрат ММ фруктанів на стадіях виробництва, розроблено іноваційні технології фруктанів, проведено пошук фруктанвмісної сировини із вмістом інуліну із СП<35од. та розроблені технології кавового напою, фруктозного сиропу і експресного меду з використанням відходів фруктанового виробництва.

На основі проведених досліджень, та вивчених фізико-хімічних властивостей інулінів із СП>35од., була розроблена комбінована технологічна схема одержання високомолекулярного інуліну із інулінвмісної сировини. При переробці інулінвмісної сировини, СП інуліну в якій не перевищує 25од, технологічна схема спрощується. Відсутність в сировині інуліну із СП=35 і більше, дозволяє не застосовувати екстракцію жмиха та виключає всі операції, пов'язані з нею. Втрати високомолекулярного інуліну у жмиху при цьому не перевищують 5-7% від його початкового вмісту у сировині. Як показали медико-біологічні дослідження високомолекулярного інуліну, його активність залежить не тільки від молекулярної маси, а й від того, наскільки була збережена його нативна будова при виробництві. Також велику роль в збереженні біологічної активності готового продукту відіграє вміст мінеральних та білкових речовин, які притаманні рослинній сировині з якої він був одержаний. Тому в роботі розроблена технологічна схема одержання нативного високомолекулярного інуліну. Для утилізації відходів фруктанового виробництва розроблено технології виробництва розчинних кавових напоїв на основі жмиха, фруктозного сиропу на основі фільтрату і промивних вод та експресного меду.

В роботі проведені дослідження біологічних властивостей фруктанів, як інгредієнтів дієтичних добавок. Визначено, що фруктани є розчинним дієтичним волокном, мають адсорбуючий ефект та впливають на обмін ліпідів. В результаті дослідження біоактивності фруктанів, були проведені моделювання

та виготовлення дієтичних добавок на основі високомолекулярних фруктанів за допомогою розробленої технологічної схеми. Розроблена технологія одержання дієтичних добавок дозволяє одержувати добавки з високим (від 65 до 85%) процентним вмістом високомолекулярних фруктанів в них і можуть застосовуватись в лікувально - профілактичному харчуванні населення. При проектуванні та виготовленні дієтичних добавок «високомолекулярні фруктани +лікарська рослинна сировина», визначали склад та біологічну дію лікарської сировини, що дало в подальших дослідженнях можливість спрогнозувати лікувально – профілактичні властивості розробленої продукції і дати рекомендації по її застосуванню. Розроблені рецептури дієтичних добавок затверджені в установленому порядку.

Приведені результати медико-біологічних досліджень стосовно можливості використання інуліну згідно ТУУ 19116716.002-98 в лікувально-профілактичному і дієтичному харчуванні, які проводились в клініці Інституту екогігієни і токсикології ім.Л.І.Медведя, Республіканській клінічній лікарні, Інституті ендокринології та обміну речовин АМНУ, Київській медичній академії післядипломної освіти МОЗ України та Київському НДІ ендокринології і обміну речовин АМН України. Отримані результати доводять, що інулін має помірно виражений гіпоглікемізуючий ефект і може застосовуватись для хворих на цукровий діабет як цукрознижуючий засіб, сприяє зниженню в крові хворих на діабет II типу рівня холестерину і тригліцеридів, що дозволяє його рекомендувати в якості профілактичного засобу для попередження судинних уражень при інсуліннезалежному діабеті. Встановлено, що після тримісячного прийому ВМ інуліну паталогічні зміни в основних органах живого організму були відсутні. Таким чином можна стверджувати, що ВМІ є нетоксичним продуктом харчування.

Проведена оцінка маркетингового потенціалу високомолекулярного інуліну для трьох захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин (цукрового діабету, ожиріння та ішемічної хвороби серця, при яких дія високомолекулярного інуліну найбільш точно встановлена), показала, що річна

потреба високомолекулярного інуліну в Україні становить близько 5000 тон на рік.

Промислові випробування технології по виробництву високомолекулярного інуліну проведені на базі плодоконсервного заводу, с.Сунки, Смілянського р-ну, Черкаської обл. та 2-му ім. Петровського цукрозаводі, смт. Олександрівка, Кіровоградської обл., де була змонтована лінія виробничою потужністю 10 т рослинної сировини на годину. Випробування показали, що змонтовані лінії дозволяють переробляти будь-яку інулінвмістну сировину (бульби топінамбура, корені цикорію, кульбаби, лопуха і т.п.) із середнім виходом високомолекулярного інуліну 80% від його початкового вмісту в сировині. За якісними показниками одержуваний інулін відповідає вимогам ТУУ 19116716.001.97. Розроблені технології одержання високомолекулярного фруктанів та ДД на їх основі, впроваджені та використовуються МП ТОВ «Інулін, лтд» і ТОВ «НВП Інулан, лтд».

*Ключові слова:* фруктан, інулін, дієтична добавка, фруктанвмісна сировина, лікувально профілактична дія.

## ANNOTATION

Grushetsky R.I. Scientific substantiation and development of complex fructans technology and dietary supplements on the basis of plant material - Manuscript.

Thesis for the receiving a degree Doctor of Engineering Sciences on specialty 05.18.16 – Food Products Technology. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The dissertation is devoted to the development of fructans technology and dietary supplements on their basis from plant raw materials. The scientific originality of the obtained results consists in the development of scientific and practical positions and the establishment of a methodology for obtaining fructans based on the choice of rational parameters of the technological cycle fractionation of the components of

fructan-containing plants depending on their biochemical and physicochemical properties.

For the first time:

- The dependence of physicochemical properties of fructans from the type of raw material and the method of fractionating its constituents has been revealed which ensures obtaining a product of predicted quality in the system raw material - inulin.

- The theoretical substantiation and development of scientific provisions of innovative biotechnology of high molecular weight fructans from different inulin-containing raw materials with inulin production with a degree of polymerization of 30 and more units.

- The parameters of agrotechnology of traditional and wild-growing inulin-containing plants cultivation in the forest-steppe zone of Ukraine, which provides their most effective biological potential in the conditions of long-term cultivation are theoretically substantiated and experimentally confirmed.

- Clinical studies have proved the feasibility of using the obtained macromolecular fructans and dietary supplements on their basis as having a therapeutic prophylactic effect in diabetes mellitus, with impaired lipid metabolism and pathologies of the endocrine system.

Further data on:

- Technological regularities of formation of chemical composition, physical and chemical properties of fructans from the method of their extraction, which ensures the authenticity of their spatial structure;

- Substantiation of formulations and creation of the technology of dietary supplements of medical prophylactic appointment on the basis of macromolecular fructans;

- Development of the concept of integrated recycling of inulin-containing raw materials and waste utilization.

For research applied organoleptic, technological, physico-chemical, structural-mechanical, microbiological, medical and biological methods and methods of computer processing of experimental data using computer technologies.



The investigation of the main stages of the fructans isolation from inulin-containing raw materials and physicochemical properties of inulin with different molecular weights has been carried out, the results of physico-chemical, chemical, chromatographic, thermogravimetric, soil-climatic studies and inulin-containing plants test have been made, which are the scientific basis for the development of technologies of fructans from plant raw materials.

Studies on the change in the quantitative and qualitative composition of inulin-containing raw materials during storage showed that the maximum shelf life of plant material before processing should not exceed 7-15 days. The processes of grinding raw materials and obtaining juice are investigated. It is shown that in the press process of juice production, it is necessary to withstand the temperature of the raw material and the resulting juice not lower than 20 ° C, roots and tubers of inulin-containing raw materials before pressing the hammer to particles  $\leq 2$  mm and the process of conducting with short-term (up to 1 minute) weathering . Research was carried out on the processes of juice and extracts purification. It was established that purification of inulin solutions at strongly alkaline and acidic pH values leads to a decrease in the content of high molecular weight inulin fractions (on average 20-30%), and a decrease in ADP by 8-10 hours.

As a result of investigations of the deposition of fructans conditions, it is found that the optimum temperature of precipitation of HMI from solutions is the temperature  $0 + 5^{\circ}\text{C}$ , avoiding freezing. The paper shows the possibility of fractionation of inulin with ethyl alcohol. The solubility of inulin is investigated depending on their molecular weight. It has been established that various inulin with medium degree of polymerization from SP15 to SP35 have different physicochemical properties, therefore it is proposed to break them into groups and give names: ADP  $\cong 15$ - inulid; ADP  $\cong 25$  - inulin; ADP  $\cong 35$  - inulan. The study of gelling properties of fructans with different ADP has shown that for the formation of gels on the basis of low molecular weight inulin, the "cold" method is better suited, whereas for the formation of gels based on high molecular inulin it is necessary to use the "hot" method. It is shown that ultrasound treatment can be recommended for separating

suspensions of fructan production during the deposition of the HMI before filtration. Studies of the ability of fructans with different molecular weight to swell have been carried out. As a result of computer simulation of the inulin molecule, it was assumed that inulin with a spiral configuration is formed under special conditions of hydration. Therefore, we can express the view that various forms of fructans, known as  $\alpha$ -,  $\beta$ -, and  $\gamma$ -inulin, differ in their physico-chemical and biological properties by virtue of their various spatial structure. This spatial structure is conditioned by the conditions of hydration of deposited fructans. Obviously, different conformations of the fructan chain depend on the ratio of intermolecular and intramolecular hydrogen bonds that have a fructan molecule under certain conditions of phase formation. The method of mathematical modeling has established that the optimal parameters of the output of HM of inulin with a maximum value of the generalized criterion  $F(x) = 0,253$  will be: the concentration of ethanol 16,75% and the time of deposition 0,5 hours. In this case, the integral output of the HM of inulin will be 1,083. The processes of drying of high molecular weight fructans are investigated. It is shown that the drying of HM inulin with a view to obtaining a product with a maximum biological effect should be carried out at temperatures not higher than + 50°C. For drying of HM inulin for technical purpose, application of temperatures in the limits of 50-100°C is possible.

In the work the technologies of complex processing of inulin-containing vegetable raw materials have been developed, the analysis of possible losses of HM of fructans at the stages of production has been carried out, innovative technologies of fructans have been developed, and fructan-containing raw materials with an inulin content up to 35 DP have been searched. Also were developed technologies of coffee beverage, fructose syrup and express honey using fructan waste.

On the basis of the conducted researches and the studied physical and chemical properties of inulin with DP up to 35, a combined technological scheme for obtaining high molecular weight inulin from inulin feed raw material was developed. In the processing of inulin-containing raw materials the inulin compound in which does not exceed 25 unit the technological scheme is simplified. The absence of inulin inulin

with  $DP = 35$  or more allows us to not use extraction of the pulp and exclude all operations associated with it. Loss of high molecular weight inulin in a pulp does not exceed 5-7% of its initial content in the raw material. As medical-biological studies of high inulin have shown, its activity depends not only on the molecular mass, but also on how much its native structure was preserved in production. Also, the content of mineral and protein substances that are inherent in the plant material from which it was obtained plays an important role in preserving the biological activity of the finished product. Therefore, the technological scheme of obtaining native high molecular weight inulin has been developed. For utilization of fructan waste products, technologies for the production of soluble coffee beverages on the basis of pulp, fructose syrup based on filtrate and washing water and express honey are developed.

On the basis of the conducted researches and the studied physical and chemical properties of inulin with  $SP > 35$  a combined technological scheme for obtaining high molecular weight inulin from inulincontaining raw material was developed. In the processing of inulincontaining raw materials, the inulin compound in which does not exceed 25 unit the technological scheme is simplified. The absence of inulin inulin with  $DP = 35$  or more allows to not use extraction of the pulp and exclude all operations associated with it. Loss of high molecular weight inulin in a pulp does not exceed 5-7% of its initial content in the raw material. As medical-biological studies of HP inulin have shown its activity depends not only on the molecular mass, but also on how much its native structure was remain in production. Also, the content of mineral and protein substances that are inherent in the plant material from which it was obtained plays an important role in preserving the biological activity of the finished product. Therefore, the technological scheme of obtaining native HP inulin has been developed. For utilization of fructan's waste products, technologies for the production of soluble coffee beverages on the basis of pulp, fructose syrup based on filtrate and washing water and express honey are developed.

In this work, the study of biological properties of fructans, as ingredients of dietary supplements was done. It has been determined that fructans are a soluble

dietary fiber, have an adsorbing effect and have an effect on lipid metabolism. As a result of the study of the bioactivity of fructans, simulations and manufacturing of dietary supplements based on macromolecular fructans were carried out using the developed technological scheme. The developed technology of obtaining dietary supplements allows to receive additives with high (from 65 to 85%) percentage of high molecular weight fructans in them and can be used in the medical prophylactic diet of the population. In the design and manufacture of dietary supplements "high molecular weight fructans + medicinal plant raw materials", the composition and biological effects of medicinal raw materials were determined, which gave further research the opportunity to predict the therapeutic and prophylactic properties of the developed products and give recommendations for its application. The developed dietary supplements formulas are approved in accordance with the established procedure.

The results of medical and biological research concerning the possibility of using inulin according to TUU 19116716.002-98 in the treatment and prophylactic and dietary nutrition conducted at the clinic of the Institute of Ecohygiene and Toxicology by Medved, the Republican Clinical Hospital, the Institute of Endocrinology and Metabolism of the AMSU, Kyiv Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of Ukraine and the Kyiv Research Institute of Endocrinology and Metabolism of the Academy of Medical Sciences of Ukraine. The results obtained show that inulin has a moderately expressed hypoglycemic effect and can be used in patients with diabetes mellitus as a sugar suppressant, it helps to lower the level of cholesterol and triglycerides of type II diabetes which allows it to be recommended as a preventive agent for the prevention of vascular lesions with insulin-dependent diabetes. It was established that after three months of inulin using, pathological changes in the main organs of the living organism were absent. Thus, it can be argued that HP inulin is a non-toxic food product.

An assessment of the marketing potential of HP inulin for three diseases associated with metabolic disorders (diabetes mellitus, obesity and coronary heart disease) in which the action of high molecular weight inulin is most accurately

established) has shown that the annual need for high molecular weight inulin in Ukraine is about 5000 tons for a year.

Industrial testing of technology for the production of HP inulin on the basis of the fruit-canning plant in Sunky village (Smiliansky district, Cherkasy region) and the 2nd im. Petrovsky sugar factory (smt. Oleksandrivka, Kirovograd region) where the line was equipped with a production capacity of 10 tons of plant material per hour was done. Tests have shown that the assembled lines allow the processing of any inulin-containing material (topinambour, roots of chicory, dandelion, burdock, etc.) with an average yield of high molecular weight inulin 80% of its initial content in the raw material. According to qualitative indicators, the inulin received meets the requirements of TUU 19116716.001.97. Technologies of obtaining high molecular weight fructans and dietic supplement on their basis have been developed, introduced and used by "Inulin, Ltd" and "NVP Inulan Ltd".

Key words: fructan, inulin, dietary supplement, fructancontaining raw material, therapeutically prophylactic action.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Грушецький Р. І. Інулін – джерела сировини, одержання, властивості: монографія. К.: Знання України, 2003. 112 с.
2. Lezenko G., Bobrovnik L., Grinenko I., Grushetsky R., Guly I., Tsokur J., Vdovenko O. Some aspects of research on inulin and inulin-containing crops in the Ukraine // Studies in Plant Science, 3. Inulin and Inulin-containing Crops / Edited by A. Fuchs. Amsterdam-London-New-York-Tokyo: Elsevier. Wageningen: Department of Phytopathology, Agricultural University Wageningen, 1993. P. 397–400. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів із виділення ВМІ із різної рослинної сировини.*
3. Бобрівник Л. Д., Івчук Н. П., Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Гідроліз інуліну в умовах гетерогенного каталізу // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій: зб. наук. праць / УДУХТ. 1998.

№4. С. 29–30. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, створення лабораторного устаткування для проведення гетерогенного каталізу фруктанів, керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнення результатів.*

4. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І., Бобровник Л. Д., Гулий І. С. *Инулин – ингредиент здоровья // Как сохранить здоровье? Украинские пищевые биологически активные добавки / Под ред. С. А. Лесник, С. В. Фус. К.: Нора-принт, 1999. С. 46–51. Внесок здобувача: обробка даних із оздоровчої дії ВМІ.*

5. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І. *Источник сырья – природа // Биологически активные добавки и биопродукты. К.: Нора-принт, 2000. С. 84–87. Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

6. Грушецький Р. І. *Кульбаба і скорцонера – перспективні джерела інуліну // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій: зб. наук. праць / УДУХТ. 2001. №9. С. 91–92. Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із кульбаби та скорцонери, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

7. Гулий І. С., Грушецький Р. І. *Деякі закономірності осадження високомолекулярного інуліну // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2002. №13. С. 71–73. Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень, розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з осадження ВМФ.*

8. Грушецький Р., Гриненко І., Захарченко Т. *Инулин из лопуха // Харчова і переробна промисловість. 2003. №6. С. 24. Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, узагальнення результатів.*

9. Грушецький Р., Чумакова О. *Фруктозный сироп – з відходів інулінового виробництва // Харчова і переробна промисловість. 2003. №8-9. С. 22. Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями з одержання фруктозних сиропів, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

10. Гриненко І., Грушецький Р., Чумакова О. Ефективний загущувач // Харчова і переробна промисловість. 2003. №7. С. 22. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями із загущування харчових продуктів, узагальнення результатів.*

11. Грушецький Р., Гриненко І., Захарченко Т., Чумакова О. Корисний напій з відходів інулінового виробництва // Харчова і переробна промисловість. 2004. №5. С. 20-21. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, підготовка інулінвмісної сировини для проведення досліджень, розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями з одержання кави, узагальнення результатів.*

12. Грушецький Р. Продукт, який не містить глюкози // Харчова і переробна промисловість. 2004. №6 С. 23–24.

13. Гриненко І., Грушецький Р. Інουλін, збагачений природними сполуками кальцію // Харчова і переробна промисловість. 2004. №11. С. 20–21. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями з одержання збагачених інулінів.*

14. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. Дослідження мінерального складу порошків інулінів // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2004. №15. С. 43–46. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

15. Грушецький Р. І. Дослідження можливості фракціонування інуліну // Харчова промисловість. 2004. №3. С. 12–14.

16. Грушецький Р., Гриненко І., Хомічак Л. Накопичення інуліну в коренях цикорію // Продовольча індустрія АПК. 2013. №2. С. 18–20. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із цикорію, наукове обґрунтування одержаних результатів.*

17. Грушецький Р. І., Хомічак Л. М., Гриненко І. Г., Мірошник В. О. Осадження інуліну етанолом та математичне обґрунтування процесу // Цукор України. 2013. №6 (90). С. 30–32. *Внесок здобувача: одержання вихідних даних для математичної моделі, узагальнення результатів.*

18. Грушецький Р. Накопичення інуліну в коріннях та кореневищах оману // Продовольча індустрія АПК. 2013. №3. С. 30–31. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародної наукометричної бази.**

19. Грушецкий Р. И., Гриненко И. Г. Наиболее перспективные источники высокомолекулярного инулина // Сахар. 2013. №10. С. 52–54. **Стаття у науковому періодичному виданні іншої держави з напрямку, із якого підготовлено дисертацію.** *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із кульбаби, лопуха та скорцонері, узагальнення результатів.*

20. Грушецкий Р. И., Хомичак Л. М., Гриненко И. Г. Исследование очистки инулинсодержащих экстрактов при помощи активированного угля // Цукор України. 2013. №9. С. 46–47. *Внесок здобувача: приготування вихідних розчинів ВМФ, визначення оптимальних температурних параметрів очищення.*

21. Хомічак Л. М., Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. Родина складноцвітих – перспективне джерело інуліну // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2013. №1. С. 117–122. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, кульбаби, лопуха та скорцонері, узагальнення результатів.*

22. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І., Хомічак Л. М. Желюючі властивості різних інулінів // Цукор України. 2013. №11 (95). С. 12–14. *Внесок здобувача: розроблення методології експерименту, проведення вимірів пружності інулінових гелів, узагальнення результатів.*

23. Грушецький Р. І., Хомічак Л. М., Гриненко І. Г. Одержання симбіотика на основі інуліну та біфідобактерій // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2014. №2. С. 18–22. *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–біфідобактерії.*

24. Грушецький Р. І. Дослідження впливу процесів подрібнення інулінвмісної сировини на одержання соку // Цукор України. 2014. №6 (102). С. 20–22.



25. Грушецький Р. І. Особливості висушування високомолекулярного інуліну // Цукор України. 2014. №11 (107). С. 32–34.
26. Грушецький Р. І. Вплив попередньої обробки рослинної сировини на соковиділення пресуванням // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2014. №3. С. 8–10.
27. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Дашковський Ю. О. Вплив терміну зберігання інулінмісткої сировини на її вуглеводний склад // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2015. №4. С. 4–6. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, одержання зразків ВМФ для аналізу їх якісного та кількісного складу.*
28. Сичевський М. П., Грушецький Р. І. Полімерні плівки на основі полісахаридів // Цукор України. 2016. №6-7 (126-127). С. 32–33. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, підбір оптимального складу сумішей фруктанів для одержання полісахаридних плівок.*
29. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І., Григоренко Н. О. Полісахариди як дієтичні волокна: проблеми класифікації // Цукор України. 2016. №10 (130). С. 34–36. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, узагальнення результатів,*
30. Грушецький Р., Гриненко І. Біологічна продуктивність топінамбура при осінньому збиранні врожаю // Продовольча індустрія АПК. 2016. №6. С. 39–41. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: організація дослідної ділянки, аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, узагальнення результатів.*
31. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. Оцінка можливості культивування лопуха в якості сировини для одержання високомолекулярних фруктанів // Таврійський науковий вісник / Херсонський державний аграрний університет. 2017. Вип. 97. С. 35–39. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу*

*інуліну із лопуха, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

32. Грушецький Р., Гриненко І. «Arctium lappa L. – перспективна культура для одержання високомолекулярних фруктанів // Продовольча індустрія АПК. 2018. №3. С. 31–34. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, узагальнення результатів.*

33. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Хомічак Л. М. Дієтична добавка «Інулін з момординою харантія» // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харківський державний університет харчування та торгівлі. 2018. Вип. 1 (27). С. 325–332. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–момордика харантія.*

34. Спосіб одержання інуліну: патент на винахід №10573, Україна: МПК<sup>5</sup> А61К 35/78, А61К 31/715, С08В 37/18 / Бобрівник Л. Д., Грушецький Р. І., Гулий І. С., Гриненко І. Г. №93007155; заявл. 08.09.1993; опубл. 25.12.1996. *Внесок здобувача: генерування ідей, втілених у заявках, складання опису та формул винаходів, теоретичне обґрунтування рішень, які пропонуються.*

35. Спосіб одержання інуліну: патент на винахід №23774А, Україна: МПК<sup>6</sup> А61К 35/78, С08В 37/17 / Бобрівник Л. Д., Гулий І. С., Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. №97020729; заявл. 20.02.1997; опубл. 16.06.1998. *Внесок здобувача: генерування ідей, втілених у заявках, складання опису та формул винаходів, теоретичне обґрунтування рішень, які пропонуються.*

36. Grekhov A. M., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Grinenko I. G., Gulyi I. S. New computer models of the spatial structure of fructans // Abstracts of the III International Fructan Conference, July, 21-24, 1996. Logan, Utah, USA. P. 23. *Внесок здобувача: підготовка вихідних даних фізико-хімічних властивостей фруктанів із різною молекулярною масою для проведення комп'ютерного моделювання будови молекули інуліну.*

37. Grinenko I. G., Grushetskyy R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. The studies of inulin precipitation conditions // Abstracts of the III International Fructan Conference, July 21-24, 1996. Logan, Utah, USA. P. 23. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень, розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з осадження ВМФ.*

38. Grinenko I. G., Grushetskyy R. I., Bobrovnik L. D., Guliy I. S. Comparative characteristics of inulin extraction from different medicine herbs // Proceedings of the Sixth Seminar on Inulin, November 14-15, 1996. Braunschweig, Germany. P. 57–60. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів з виділення ВМІ із різної рослинної сировини.*

39. Grinenko I. G., Grushetskyy R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Non-traditional searches of inulin // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 20–26. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, узагальнення результатів.*

40. Grushetskyy R., Vanurikhina L., Guliy I., Grinenko I., Bobrovnik L. The medical investigation of inulin // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 72–84. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для медичних досліджень, узагальнення результатів.*

41. Grinenko I. G., Grushetskyy R. I., Bobrovnik L. D., Varlamova K. A., Tsapenko V. M. High-Molecular inulin in Helianthus tuberosus // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 67–72. *Внесок здобувача: організація дослідної ділянки, аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, узагальнення результатів.*

42. Grushetskyy R. I., Simakhina G. A., Guliy I. S., Bobrovnik L. D., Grinenko I. G. The influence of drying on the inulin quality // Proceedings of Seventh Seminar on Inulin, January 22-23, 1998. Leuven, Belgium. P. 33–34. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з впливу параметрів висушування на якість ВМФ.*

43. Grekhov A. M., Grushetskyy R. I., Bobrovnik L. D., Guliy I. S., Grinenko I. G. The conformation of inulin chains: a molecular mechanics, molecular

dynamics and quantum-chemical approach // Proceedings of Seventh Seminar on Inulin, January 22-23, 1998. Leuven, Belgium. P. 46–51. *Внесок здобувача: підготовка вихідних даних фізико-хімічних властивостей фруктанів із різною молекулярною масою для проведення комп'ютерного моделювання будови молекули інуліну.*

44. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Inulin in human nutrition and medicine // Proceedings of the Eighth Seminar on Inulin, July 1-2, 1999. Lille, France. P. 137–141. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

45. Grushetskyu R. Comparative analysis of different methods of inulin isolation // Abstracts of Ninth Seminar on Inulin, April 18-19, 2002. Budapest, Hungary. P. 18–19. *Внесок здобувача: проведення експериментів із виділення ВМІ методами екстрагування та соковіджиму із різної рослинної сировини.*

46. Grushetskyu R., Grinenko I. Features of high molecular inulin procession // 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008. Sapporo, Japan. P. 101. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів з виділення ВМІ із різної рослинної сировини, узагальнення результатів.*

47. Grinenko I., Grushetskyu R. Heals and nutritional aspects of high-molecular inulins // 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008. Sapporo, Japan. P. 53. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

48. Грушецький Р. Дослідження впливу терміну зберігання інулінвмісної сировини в кагатах на якість інуліну // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами III Міжнар. наук.-практ. конф., 4 листопада 2015 р. К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2015. С. 110–111.

49. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І. «Інноваційні технології отримання ягідних і овочевих порошків // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами IV Міжнар. наук.-практ. конф., 30 листопада 2016 р. К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2016. С. 21–22. *Внесок здобувача:*

*дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–ягідні та овочеві порошки.*

50. Ukrainets A., Grushetskyu R., Grinenko I. Ingredients of functional and health food: inulins. Kyiv: Znannya Ukrainy, 2004. 83 p. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, написання другого розділу, підготовка матеріалів до публікації.*

51. Грушецкий Р., Гриненко И. Мудрость природы: целебные ингредиенты. К.: Знания Украины, 2006. 115 с. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, описання фізико-хімічних властивостей та біологічної дії ВМФ, підготовка матеріалів до публікації.*

52. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Хомічак Л. М. Природні джерела здоров'я. К.: Аграрна наука, 2016. 108 с. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, підготовка матеріалів до публікації.*

53. Пересічний М. І., Корзун В. Н., Карпенко П. О., Грушецький Р. І. та ін. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах. К.: ВД «АртЕк», 2015. 715 с. *Внесок здобувача: розроблення технологічних карт кулінарної продукції з інуліном.*

## З М І С Т

	<b>Сторінки</b>
ВСТУП	27
<b>1. РОЗДІЛ 1</b>	
СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НОВІТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ФРУКТАНВМІСНОЇ СИРОВИНИ ТА ОДЕРЖАННЯ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ ФРУКТАНІВ..	34
1.1. Моніторинг світового виробництва дієтичних добавок та фруктанів групи інуліну.....	34
1.2. Дослідження біологічних властивостей фруктанів.....	39
1.3. Дослідження структури, біосинтезу та способів одержання фруктанів.....	46
1.4. Номенклатура, сировина та одержання фруктанів....	51
1.5. Інουλін - харчова та дієтична добавка.....	66
Висновки.....	72
<b>2. РОЗДІЛ 2</b>	
ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	74
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень...	75
2.2. Об’єкти та предмети досліджень.....	75
2.3. Методи досліджень та визначення основних показників фруктанового виробництва.....	76
2.4. Методи медико-біологічних досліджень.....	81
2.5. Оцінка точності експерименту.....	83
Висновки.....	84
<b>3. РОЗДІЛ 3</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ СТАДІЙ ВИДІЛЕННЯ ФРУКТАНІВ ІЗ ІНУЛІНВМІСНОЇ СИРОВИНИ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІНУЛІНІВ ІЗ РІЗНОЮ МОЛЕКУЛЯРНОЮ МАСОЮ.....	86

3.1. Визначення впливу терміну зберігання рослинної сировини на вихід інуліну .....	86
3.2. Дослідження процесів подрібнення сировини та одержання соку.....	94
3.3. Дослідження процесів очистки соків та екстрактів.....	105
3.3.1. Дослідження очистки соків та екстрактів за допомогою активованого вугілля.....	108
3.3.2. Дослідження очистки соків та екстрактів за допомогою іонообмінних смол.....	110
3.3.3. Дослідження впливу синтетичних ПАР.....	112
3.3.4. Дослідження впливу очистки на мінеральний склад порошоків інулінів.....	114
3.4. Дослідження умов осадження фруктанів.....	123
3.4.1. Визначення впливу температури на осадження високомолекулярного інуліну.....	124
3.4.2. Визначення умов осадження ВМ інуліну в присутності моно, дицукрів та НМ інуліну.....	125
3.4.3. Визначення впливу терміну осадження на вихід високомолекулярного інуліну.....	128
3.4.4. Визначення впливу рН середовища на седиментаційні властивості та кількісне осадження інуліну.....	134
3.5. Дослідження одержання фруктанів із заданою молекулярною масою.....	135
3.6. Розчинність фруктанів.....	143
3.7. Гідратація молекул модифікаційних форм інуліну.....	146
3.8. Желюючі властивості різних інулінів.....	153
3.9. Дослідження здатності фруктанів до набухання.....	159
3.10. Визначення просторових структур фруктанів групи інуліну.....	165

3.11.	Розроблення математичної моделі залежності виходу інуліну від концентрації етанолу у вихідних розчинах..	171
3.12.	Дослідження особливостей висушування високомолекулярних фруктанів.....	173
	Висновки.....	178
4.	РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ФРУКТАНВМІСНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ.....	181
4.1.	Розроблення технологій одержання ВМ фруктанів з рослинної сировини.....	183
4.2.	Вплив умов вирощування фруктанвмісної сировини на виділення високомолекулярного інуліну.....	197
4.2.1.	Дослідження коріння цикорію.....	198
4.2.2.	Дослідження бульб топінамбуру.....	203
4.2.3.	Дослідження коріння лопуха.....	210
4.2.4.	Дослідження впливу ідентичних агротехнічних та кліматичних умов вирощування на продуктивність, вміст ВМІ та фракційний склад фруктанів, одержаних із різної рослинної сировини.....	214
4.3.	Розробка способу одержання кавового напою.....	219
4.4.	Розробка способу одержання фруктозного сиропу.....	225
4.5.	Розробка способу одержання експресного меду.....	231
	Висновки.....	234
5.	РОЗДІЛ 5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ ВМФ.....	236
5.1.	Дослідження біологічних властивостей фруктанів, як інгредієнтів дієтичних добавок.....	237



5.1.1. Фруктани – розчинні дієтичні волокна.....	237
5.1.2. Дослідження адсорбуючого ефекту інулінів та їх вплив на обмін ліпідів.....	238
5.2. Моделювання та виготовлення дієтичних добавок на основі ВМФ.....	242
Висновки.....	268
6. РОЗДІЛ 6 МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОМИСЛОВЕ ВИПРОБУВАННЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ.....	269
6.1. Медико-біологічні дослідження високомолекулярного інуліну.....	269
6.2. Оцінка маркетингового потенціалу високомолекулярного інуліну.....	280
6.3. Промислові випробування.....	285
6.4. Впровадження дієтичних добавок на основі ВМФ.....	291
Висновки.....	293
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	294
Список використаної літератури.....	297
Додатки.....	

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

G - глюкоза,

F - фруктоза,

ЦЦТ- цукроза цукрозилтрансфераза,

ФФТ - фруктан фруктозилтрансфераза,

СП – ступінь полімеризації,

ССП – середній ступінь полімеризації,

ММ – молекулярна маса,

ФЕГ - фруктан екзогідролаза,

I – інулін,

ВМФ – високомолекулярний фруктан,

НМФ – низькомолекулярний фруктан,

СР – сухі речовини,

НPLC - рідинна хроматографія високого тиску,

ВМС – високомолекулярні сполуки,

ОМФ - оксиметилфурфурол ,

ПАР – поверхнево активні речовини,

ДД – дієтична добавка,

ДВ- дієтичне волокно.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Незбалансованість в структурі харчування людини спричинила значний ріст захворювань, в основі яких є порушення вуглеводного і ліпідного обмінів: кількість хворих на цукровий діабет зростає, проблеми з серцево-судинною системою має кожна друга людина, а надлишкова маса тіла й ожиріння виявляється в 55% людей, старших за 30 років. Залучення до раціону харчування фруктанів групи інуліну і зокрема високомолекулярного інуліну (ВМІ), який є складовою частиною фруктанів, дозволяє покращити загальний стан здоров'я людини шляхом нормалізації вуглеводного і ліпідного обміну речовин, знизити негативний вплив хронічного стресу та несприятливих екологічних умов, які виснажують інсуліновий апарат і ослаблюють імунну систему.

Реальні переваги використання високомолекулярних фруктанів (ВМФ) в якості інгредієнта для дієтичних добавок пов'язані з тим, що вони мають природне походження, технологія їх одержання не передбачає застосування хімічних реагентів, а сировина для їх одержання – лікарські рослини, які мають позитивний вплив на екологію оточуючого середовища.

За даними Grand View Research до 2024 року світовий ринок дієтичних добавок сягне 278,02 мільярдів доларів США, при цьому складний середньорічний приріст в період з 2016 по 2024 року буде становити 9,6%. Тому однією з важливих задач сьогодення є пошук перспективної сировини для дієтичних добавок, збагачених ВМІ, який має здатність знижувати підвищений рівень цукру в крові, коефіцієнт атерогенності і сприяє нормалізації маси тіла.

Вагомий внесок в розвиток даного напрямку зроблено цілою низкою вітчизняних і зарубіжних вчених: І.С. Гулий, Л.Д. Бобрівник, П.О. Карпенко, М.І. Пересічний, Н.В. Притульська, В.І. Дробот, А.М. Дорохович, Л.М. Хомічак, В.І. Смоляр, Л.А. Карнаушенко, А.П. Левицький, А. Fuchs, Roberfroid та ін. Однак, проблематика одержання і дослідження полісахаридів направленої дії, а також дієтичних добавок з їх використанням, що позитивно впливають на

вуглеводний та ліпідний обмін речовин, є досить складною і недостатньо вивченою.

Розроблення і впровадження технології комплексної переробки фруктанвмісної сировини, створення технологій дієтичних добавок з використанням ВМІ сприятиме покращенню їх біохімічного складу, розширенню спектру властивостей, превентивної дії, позитивному впливу на організм людини і дозволить вирішити важливу проблему покращення стану здоров'я населення, що є актуальним питанням та має важливе загальнодержавне значення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота пов'язана з виконанням програми наукових досліджень НААНУ «Біотрансформація сільськогосподарської сировини в продукти харчового і технічного призначення в процесі формування національної продовольчої системи», зокрема за темами науково-дослідних робіт Інституту продовольчих ресурсів №0113U002188 «Розробити технології харчових продуктів з використанням функціональних інгредієнтів», №0114U001489 «Науково обґрунтувати та розробити інноваційні технології комплексної переробки цукро- і фруктанвмісної сировини з отриманням цукрів, глюкозо-фруктозних сиропів та інших харчових інгредієнтів», №0116U002449 «Наукові основи формування властивостей фруктанів інулінової групи в залежності від їх молекулярної маси та конформаційної структури» та №0116U002450 «Теоретичні основи створення харчової продукції спеціального призначення на основі рослинної сировини».

**Об'єкт дослідження** – технології отримання високомолекулярних фруктанів групи інуліну та дієтичних добавок на їх основі.

**Предмети дослідження** – топінамбур, цикорій, оман, кульбаба, лопух, скорцонера, процеси екстрагування, соковиділення, очищення, осадження та сушіння, інуліни із середнім ступенем полімеризації (ССП) 20 і вище, їх фізико-хімічні властивості, дієтичні добавки.

**Методи дослідження** – органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні, медико-біологічні, методи комп'ютерного оброблення експериментальних даних з використанням комп'ютерних технологій.

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та розроблення комплексної технології переробки фруктанвмісної сировини з одержанням високомолекулярних інулінів із збереженням їх просторової структури та природних властивостей і інших продуктів харчування, а також обґрунтування науково-теоретичних і практичних аспектів проектування та одержання фруктанвмісних дієтичних добавок лікувально-профілактичного призначення на основі високомолекулярних фруктанів.

Відповідно з поставленою метою сформульовані такі задачі досліджень:

- розробити методологію проектування інулінвмісних дієтичних добавок;
- дослідити фізико-хімічні властивості ВМФ;
- методом математичного моделювання визначити оптимальні умови осадження ВМФ із маточних розчинів;
- методом комп'ютерного моделювання змодельовати просторову будову фруктанів з різною молекулярною масою;
- науково обґрунтувати та розробити технології комплексної переробки інулінвмісної сировини з одержанням ВМФ;
- науково обґрунтувати та розробити технології переробки відходів фруктанового виробництва з одержанням харчових продуктів;
- вивчити якісний і кількісний вуглеводний склад інулінвмісної сировини та дослідити основні закономірності накопичення фруктанів в період вегетації та при зберіганні;
- науково обґрунтувати і розробити інноваційні технології дієтичних добавок для оздоровчого харчування з використанням ВМФ;
- дослідити медико-біологічні властивості та показники безпеки фруктанів і розроблених дієтичних добавок;

- впровадити новітні технології інулінвмісних дієтичних добавок на підприємствах та оцінити конкурентну здатність розроблених дієтичних добавок;

- обґрунтувати економічну та соціальну ефективність запропонованих технологій.

**Наукова новизна роботи.** Наукова новизна отриманих результатів полягає у розвитку науково-практичних положень і створенні методології отримання фруктанів на основі вибору раціональних параметрів технологічного циклу фракціонування складових фруктанвмісних рослин залежно від їх біохімічних і фізико-хімічних властивостей.

*Вперше:*

– виявлено залежність фізико-хімічних властивостей фруктанів від виду сировини та способу фракціонування її складових, що забезпечує отримання продукту прогнозованої якості в системі сировина–інулін;

– теоретично обґрунтовані та розроблені наукові положення інноваційної біотехнології високомолекулярних фруктанів із різної інулінвмісної сировини з отриманням інуліну зі ступенем полімеризації (СП) 30 і більше одиниць;

– теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено параметри агротехнології культивування традиційних і дикоростучих інулінвмісних рослин в лісостеповій зоні України, що забезпечує їх найбільш ефективний біологічний потенціал в умовах багаторічного вирощування;

- клінічними дослідженнями доведено доцільність використання отриманих високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі як таких, що мають лікувально-профілактичну дію при цукровому діабеті, порушеному ліпідному обміні та патологіях ендокринної системи.

*Отримали подальший розвиток дані щодо:*

– технологічних закономірностей формування хімічного складу, фізико-хімічних властивостей фруктанів від способу їх вилучення, що забезпечує автентичність їх просторової структури;

– обґрунтування рецептур та створення технології дієтичних добавок лікувально-профілактичного призначення на основі високомолекулярних фруктанів;

– розроблення концепції комплексного перероблення інулінвмісної сировини та утилізації відходів.

**Практична цінність роботи.** За результатами реалізації теоретичних і експериментальних досліджень апробовано і впроваджено технології високомолекулярних фруктанів із фруктанвмісної рослинної сировини та розроблених дієтичних добавок лікувально-профілактичного призначення.

Розроблено та затверджено «Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах» (2015 р.). Розроблено і затверджено нормативну документацію на дієтичні добавки (ТУУ 19116716.001-97 «Фітодіабетін» (інулін харчовий)), ТУУ 19116716.002-98 «Інулін рослинний харчовий», ТУУ 19116716.003-98 «Концентрати інулінові ягідні, плодові», ТУУ 19116716.003-98 «Біологічно активні харчові добавки «ФІТОІМПЕРІАЛ» на основі інуліну», ТУУ 15.8-19116716-005-2003 та ТУУ 15.8-35633283-001-2009 «Добавки дієтичні на основі інуліну». Проведені медико-біологічні дослідження підтверджують лікувально-профілактичну дію розроблених дієтичних добавок на основі фруктанів.

**Реалізація результатів роботи.** Проведені промислові випробування одержання інуліну із нетрадиційної рослинної сировини на базі цеху виробництва продтоварів (с. Сунки, Черкаська обл.). На 2-му цукрозаводі ім. Петровського (сmt. Олександрівка, Кіровоградська обл.) змонтована промислова лінія для виробництва ВМІ, виробничою потужністю 10 тон інулінвмісної сировини на годину.

Розроблені технології одержання високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі впроваджені та використовуються МП ТОВ «Інулін, лтд» та ТОВ «НВП Інулан, лтд» згідно із затвердженою нормативною та технологічною документацією.

Отримані результати клінічного випробування інулінів дають змогу зробити висновок, що одержаний за розробленою технологією інулін має високу біологічну активність і може бути використаний для лікувально-дієтичного харчування хворих на цукровий діабет 1 і 2 типу та імунодефіцитів, які виникли у хворих внаслідок дії малих доз радіації. Проведений комплекс медико-біологічних досліджень показав, що після тримісячного прийому ВМІ патологічні зміни в основних органах живого організму були відсутні. Таким чином, можна стверджувати, що ВМІ є ефективною дієтичною добавкою з високою біологічною активністю та є нетоксичним харчовим продуктом.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні актуальності теми, наукової концепції роботи та її теоретичному та експериментальному підтвердженні, розробці програми та проведенні аналітичних і експериментальних досліджень у лабораторіях та виробничих умовах, аналізі й узагальненні отриманих результатів, формулюванні висновків і пропозицій, у підготовці результатів досліджень до публікації та складанні заявок на об'єкти інтелектуальної власності, розробці нормативної документації, впровадженні науково-технічних розробок у виробництво.

Автором особисто проведені дослідження по визначенню оптимальних параметрів технологічних стадій розроблених технологій (агротехнічні характеристики та термін зберігання рослинної сировини, виділення ВМІ із сировини в стані, придатному до подальшої переробки, дослідження методів очищення розчинів і осадження ВМІ та його висушування), запропоновані нові підходи до вирішення проблеми виділення ВМІ та утилізації відходів інулінового виробництва, розроблені способи фракціонування сумішей полімергомолів інуліну, розроблені пакети НД на інуліни, одержані із різних інулінвмісних культур, впроваджено технології на підприємстві. Дослідження кристалічності, термостабільності та молекулярно-масового розподілу зразків інулінів проведено в лабораторії та на обладнанні наукового відділу компанії «SENSUS» (Нідерланди) за участі докторів Theo L. Hoeks та E.M.A.G. Waterschoot, за згоди керівника наукового департаменту компанії, доктора Paul



J. Visschedijk. Розроблена комп'ютерна модель молекули ВМІ – разом із проф. О.М. Греховим, І.С. Гулим та Л.Д. Бобрівником. Проведення оцінки інулінового ринкового потенціалу України – разом з Ir. L. Toftoul, MBA Ukraine Promotion (Нідерланди). Ряд досліджень виконано в процесі роботи в Інституті продовольчих ресурсів НААН України з д.т.н., проф. Л.М. Хомічаком та к.т.н. І.Г. Гриненко. Математичне моделювання процесу осадження ВМІ виконане на базі НУБіП разом із В.О. Мірошніком.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень, що включені до дисертації, було оприлюднено на: III International Fructan Conference (1996, Logan, Utah, USA); Sixth Seminar on Inulin (1996, Braunschweig, Germany); International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients (1997, Київ); Seventh Seminar on Inulin (1998, Leuven, Belgium); Eighth Seminar on Inulin (1999, Lille, France); Ninth Seminar on Inulin (2002, Budapest, Hungary); 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium (2008, Sapporo, Japan); III та IV Міжнародних науково-практичних конференціях «Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи» (2015, 2016 рр., Київ) та інших заходах апробаційного характеру.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 53 наукові праці, у тому числі: 1 монографія; 32 статті, серед яких 22 – у наукових фахових виданнях України (з них 4 – у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз), 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави з напрямку, із якого підготовлено дисертацію; 2 патенти України на винахід; 14 тез доповідей та матеріалів конференцій, симпозіумів і семінарів; 3 посібника; 1 збірник рецептур.

**Об'єм роботи.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 292 найменування, в т.ч. 159 іноземних, та додатків. Основний зміст дисертації викладено на 270 сторінках, містить 100 рисунків та 62 таблиці.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ФРУКТАНВМІСТНОЇ СИРОВИНИ ТА ОДЕРЖАННЯ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ ФРУКТАНІВ.

#### **1.1. Моніторинг світового виробництва дієтичних добавок та фруктанів групи інуліну.**

Аналіз тенденцій світового ринку дієтичних добавок свідчить про те, що об'єм їх виробництва і збуту постійно зростає. Так, агенція Zion Market research на теренах GLOBE NEWSWIRE в квітні 2018 року опублікувала звіт "Ринок харчових добавок за для спеціального харчування, лікарських добавок та спортивного харчування - глобальна перспектива промисловості, комплексний аналіз та прогноз, 2016 - 2022 р. У відповідності з цим звітом, глобальний ринок дієтичних добавок сягнув 132,8 біліона доларів в 2016 р. і досягне 220,3 в 2022 р. При цьому щорічний приріст між 2017 і 2022 роками становитиме 8,8 % [1]. Ці дані дуже схожі з дослідженнями іншого агенства, згідно якому очікується очікується, що глобальний ринок дієтичних добавок в 2024 році сягне 278,02 млрд доларів, при цьому щорічний приріст в період з 2016 до 2024 року буде становити 9,6 % [2].

Причиною такого зростання є різкий ріст захворювань, які в тій чи іншій мірі пов'язані з порушенням обміну речовин. До цих захворювань відносяться ожиріння, цукровий діабет, серцево-судинні захворювання, жовчно-та сечокам'яна хвороби, артрити, подагра, остеопороз і т.д. До чинників такого зростання відносять високий рівень споживання продуктів швидкого харчування, сидячий спосіб життя, погіршення екологічної ситуації, постійний стрес і т.д. Тому дієтичні добавки сприймаються як сучасна альтернатива фармацевтичним препаратам.

Світовий ринок інуліну теж постійно розвивається. Так, згідно агенції INK WOOD Research щорічний приріст в період з 2018 по 2026 р. буде

становити 9,5 % [3]. На їх думку такий приріст буде обумовлений наступними причинами:

- Зростання молочної промисловості
- Підвищення обізнаності щодо продуктів харчування з оздоровчою дією
- Збільшення кількості хворих на цукровий діабет
- Зростання у фармацевтичному секторі
- Зростає попит на натуральні продукти харчування

Що стосується розподілу по секторам, то дані наведені на рис. 1.1.

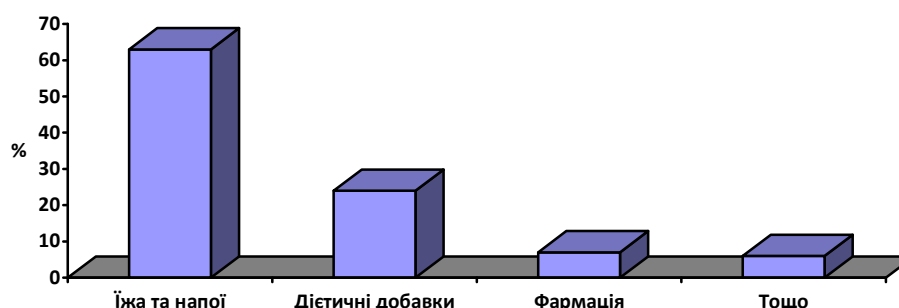


Рис. 1.1. Розподіл ринку інуліну за секторами.

Так, найбільш широко інулін та інші фруктани застосовуються в харчовій промисловості, зокрема в молочній для виробництва йогуртів, сирів, морозива тощо в якості пребіотика, в м'ясній в якості наповнювача для ковбас і т.д., а також в хлібопекарній для виробництва дієтичних виробів.

Огляд харчового застосування інуліну і олігофруктози наведений в табл.1.1 [4]

Табл.1.1

Харчове застосування інуліну і фруктози [4].

Застосування	Функціональність	Дозування інуліну, %	Дозування олігофруктози, %
Молочна продукція	Цукро- та жирозамінник, синергізм з підсолоджувачами, піностабілізатор, дієтичне волокно, пребіотик	2-10	2-10

## Продовження табл. 1.1.

Заморожені десерти	Цукро- та жирозамінник, синергізм з підсолоджувачами, регулює текстуру і плавлення, дієтичне волокно, пребіотик	2-10	5-12
Спреди	Жирозамінник, текстура і розмазуваність, стабільність емульсій, дієтичне волокно та пребіотик	2-10	5-12
Випічка і хліб	Дієтичне волокно та пребіотик, утримувач вологи, цукрозамінник	2-15	2-25
Зернові сніданки	Дієтичне волокно та пребіотик	2-25	2-15
Начинки	Цукро- та жирозамінник, покращувач структури	2-30	2-50
Фруктові заготовки	Цукрозамінник, синергізм з підсолоджувачами, дієтичне волокно та пребіотик	2-10	5-50
Салатні заправки	Жирозамінник	2-10	-
Мясні продукти	Жирозамінник, текстура і стабільність, дієтичні волокна	2-10	-
Дієтичні продукти	Цукро- та жирозамінник, Низькокалорійний, синергізм з підсолоджувачами, дієтичне волокно та пребіотик	2-15	2-20
Шоколад	Дієтичне волокно та пребіотик, цукрозамінник	5-30	-

Динаміка зростання ринку інуліну і, зокрема, дієтичних добавок з використанням інуліну наведені на рис. 1.2 [5].

Основні виробники фруктанів та інуліну - це бельгійські компанії Veneo-Orafti, Cosucra, голандська компанія Sensus, основною сировиною для їх виробництва слугує цикорій. Останнім часом з'явилися пропозиції від китайських компаній, які пропонують інулін із цикорію, топінамбуру і агави. Але середній ступінь полімеризація цієї продукції 9 і нижче, тому вона швидше за все відноситься до фруктоолігосахаридів.

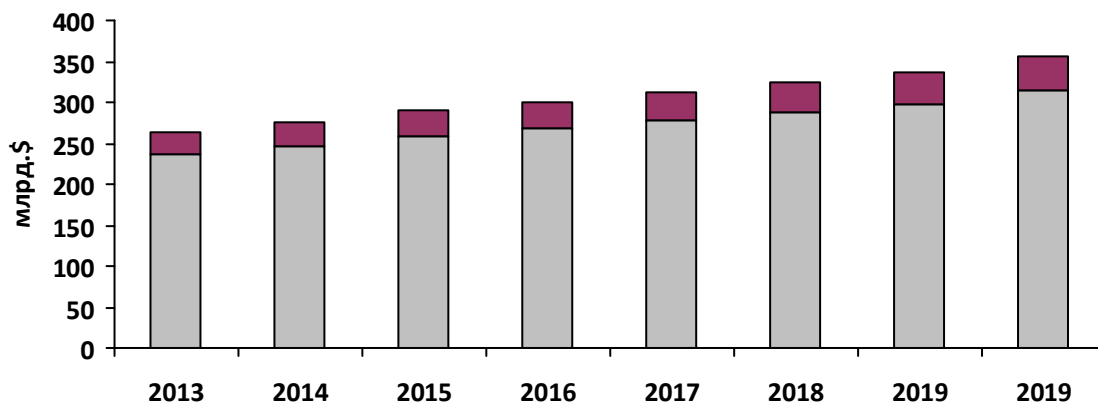


Рис. 1.2. Динаміка зростання ринку інуліну (світле поле) і, зокрема, дієтичних добавок з використанням інуліну (темне поле)

Що стосується видів і застосування фруктанів, які виробляють основні виробники, то ці дані наведені в табл 1.2.-1.4.

Табл. 1.2

Фруктани та їх властивості виробництва голандської компанії Sensus

[6].

Назва фруктану	Властивості	Використання
Fibrulosa F97	Мін. розчинність 35 % Цукрозамінник Не впливає на текстуру	Високорозчинний цукрозамінник
Fibruline S30	Мін. розчинність 30 % Цукрозамінник, збагачувач ДВ Не впливає на текстуру	Підвищена розчинність
Fibruline instant	Мін. розчинність 10 % Замінник цукру Імітує жир	Різноманітне застосування
Fibruline XL	Жирозамінник Імітує смак жиру Відновлює властивості структури	Замінник жиру

Табл. 1.3.

Фруктани та їх властивості виробництва бельгійської компанії Orafti [7].

Марка	Вміст інуліну	Солод-кість	Опис
<b>Стандартний інулін</b>			
Orafti GR	92%	10 %	Гранульований порошок, сер. СП 10
Orafti ST-Gel	92%	10 %	Порошок з високою розчинністю СП 10
Orafti HSI	88 %	30 %	Високорозчинний порошок інуліну
<b>Високомолекулярний інулін</b>			
Orafti FTX	98 %	0 %	Текстурований порошок інуліну як замітник жиру в процесах при високих температурах
Orafti HP	100 %	0 %	Текстурований порошок інуліну як замітник жиру в процесах при низьких температурах сер. СП 23
Orafti HPX	100 %	0 %	Високопродуктивний інулін як замітник жиру в процесах при високих температурах
Orafti Synergy	1-92%		Комбінація високо- і низькомолекулярного інуліну для досягнення специфічних фізіологічних ефектів

Табл. 1.4.

Фруктани та їх властивості виробництва бельгійської компанії Wargoing [8].

Fibrulose F97	Мін. розчинність 35 %, цукрозамінник, не впливає на текстуру	Високорозчинний цукрозамінник
Fibruline S30	Мін. розчинність 30 %, цукрозамінник, збагачувач ДВ, не впливає на текстуру	Підвищена розчинність
Fibruline instant	Мін. розчинність 10 % , замітник цукру, імітує жир	Різноманітне застосування
Fibruline XL	Жирозамінник, імітує смак жиру Відновлює властивості структури	Замінник жиру

Основні маркування, з якими використовують фруктани в функціональному і оздоровчому харчуванні - це харчові волокна, пребіотики, продукція з низьким глікемічним індексом [9].

## 1.2. Дослідження біологічних властивостей фруктанів.

Найбільше дискусій викликає термін «дієтичні волокна» у відношенні до фруктанів. Так, дієтичні або харчові волокна відомі дуже давно, проте відношення до них зі сторони спеціалістів є предметом тривалих обговорень. З однієї сторони, довгий час дієтичні волокна вважались непотрібним баластом, від якого намагалися звільнити продукти для підвищення їх харчової цінності. З іншої сторони, пізніше оздоровча дія дієтичних добавок була підтверджена цілим рядом учених [10].

Що стосується визначення дієтичних волокон, то не існує єдиного терміну на теренах світу. Перше фізіологічне визначення було прийняте у Бельгії, Німеччині, Італії, Франції та Японії і потребувало відповідності наступним трьом вимогам:

- дієтичне волокно не повинне засвоюватися за допомогою травних ензимів людини;
- повинне досягати кишечника без змін;
- повинне ферментуватися кишковою флорою [11].

На даний час теж існує декілька визначень дієтичних волокон [11]. Так, канадський департамент здоров'я вважає, що дієтичне волокно складається з природних харчових вуглеводів ( $DP > 2$ ) рослинного походження, які не перетравлюються і всмоктуються в тонкому кишечнику і включає в себе нові прийняті харчові волокна (виділені з природних джерел або отримані синтетичним шляхом).

Європейська організація з харчової безпеки вважає, що дієтичними волокнами є незасвоювані вуглеводи плюс лігнін, в тому числі всі вуглеводні

компоненти, що містяться в харчових продуктах, які не засвоюються в тонкому кишечнику людини і переходять в товсту кишку.

Дієтичні волокна, на їх думку, включають некрахмальні полісахариди, резистентний крохмаль, стійкі олігосахариди.

Згідно стандартам Австралії і Нової Зеландії харчові волокна є частиною їстівної частини рослин або їх екстрактів чи синтетичних аналогів, які є: стійкими до дії травлення і всмоктування в тонкій кишці та, як правило, з повною або частковою ферментацією в товстій кишці; повинні охоплювати один або кілька з наступних фізіологічних ефектів:

- послаблення;
- зниження рівня холестерину в крові;
- модуляція рівня глюкози в крові.

Визначення американської асоціації хімії зернових: їстівні частини рослин або аналогічних вуглеводів, які стійкі до перетравлювання і всмоктування в тонкій кишці людини, з повною або частковою ферментацією в товстій кишці.

Інститут медицини (дорадча організація США і Канади при Національній Академії наук) вважає, що харчові волокна сприяють фізіологічним ефектам, що включають послаблення кишечника, зниження рівня холестерину в крові, і / або зниження рівня глюкози в крові.

У відповідності з Комісією *CODEX Alimentarius* (2009) харчові волокна є вуглеводними полімерами з десятьма або більше мономерними одиницями, що не гідролізуються ендogenous ферментами тонкої кишки в організмі людини і відносяться до наступних категорій:

- Їстівні вуглеводні полімери, що містяться в їжі;
- вуглеводні полімери, отримані з харчової сировини фізичними, ферментативними або хімічними методами;
- синтетичні вуглеводні полімери.

Останнім визначенням світової безпеки харчування (FSW) є наступне. Харчовими волокнами є їстівні частини рослин або аналогічні вуглеводи, які



стійкі до перетравлювання і всмоктування в тонкій кишці людини і повністю або частково ферментуються в товстій кишці. Харчові волокна сприяють оздоровчим фізіологічним ефектам, в тому числі мають послаблюючу дію, і / або знижують рівень холестерину в крові, і / або знижують вміст глюкози в крові.

Як видно із наведених вище матеріалів, позиція різних країн у визначенні і фізіологічній дії харчових волокон суттєво різниться. Тому на 9-му симпозіуму по дієтичних волокнах, що відбувся в штаті Меріленд 8-11 червня 2010 року, в якому взяли участь понад 150 учасників з академічних кіл, промисловості і регулюючих органів було відрегульовано декілька питань, а саме було узгоджено фізіологічні ефекти дієтичних волокон [12].

Серед основних властивостей харчових волокон слід виділити їхню здатність:

- 1) зв'язувати і утримувати в своїй структурі воду, сприяючи прискоренню кишкового транзиту внаслідок збільшення маси в кишках;
- 2) утворювати матриці для бактерій товстої кишки і можливість ферментації харчових волокон кишковими бактеріями;
- 3) абсорбувати жовчні кислоти, змінюючи концентрацію стероїдів у кишковому вмісті і холестерину в крові;
- 4) змінювати обмін катіонів, спричиняючи недостатність мінеральних речовин;
- 5) ферментувати волокна з додатковим виділенням енергії;
- 6) адсорбувати на своїй поверхні токсичні сполуки, зокрема метали і радіонукліди, і виводити їх з організму.

Одним із найбільш перспективних представників дієтичних волокон, а саме розчинних дієтичних волокон, є фруктани групи інуліну [13,14].

Однією із основних властивостей ДВ (дієтичних волокон) є їх здатність утримувати воду. Найбільшу гігроскопічність мають водорозчинні ДВ, нерозчинні ж ДВ мають лише властивість поверхневого утримання води. Так як фруктани є розчинним дієтичним волокном, то і водоутримуюча його здатність

дуже висока: від 1,5 мл/г і вище [15]. Причому відомо, що водоутримуюча здатність зростає з підвищенням молекулярної маси / ступеня полімеризації фруктану.

Поряд із цим додавання ДВ до їжі посилює внутрішньокішковий синтез вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР і фолієвої кислоти кишковими бактеріями. Вони мають досить позитивну дію і на мікрофлору кишки - зростає дія корисних лактобацил і стрептококів і подавляється ріст колі-форм, що особливо важливо для людей похилого віку, оскільки з роками мікрофлора кишечника набуває все більш гнилісного характеру. Все це в повній мірі стосується і фруктанів. Існує дуже багато наукових робіт, які приводять дані, що свідчать про здатність фруктанів оздоровлювати мікрофлору кишечника. [16-17]. Що стосується модифікації мікрофлори, то при вживанні інуліну мала місце значна проліферація бактерій групи Біфідус, в той час як популяція бактеріоїдів, лактобацил, клостридій, коліформ та грам-позитивних коків збільшувалася значно повільніше або навіть зменшувалась. Така висока специфічність інулінів щодо біфідобактерій є результатом виділення цими бактеріями бета-фруктозидази [18].

Однак, варто зазначити, що більшість досліджень була проведена за участі низькомолекулярних фруктанів або інуліну з СП не вище 20. Тому викликає інтерес дослідження бельгійських вчених, які оцінили, наскільки фруктани різних ступенів полімеризації (СП) відрізняються своєю пребіотичною ефективністю у мікроорганізованих спільнотах *in vitro*. Два види фруктанів – олігофруктозу і інулін в однаковій концентрації 2,5 г/добу помістили в симулятор мікробної біосистеми кишечника людини. Дослідження показали, що біфідогенна дія інуліну спостерігалася пізніше, ніж у олігофруктози, але в результаті була більш значущою. Це вказує на те, що за рахунок більш повільної ферментації інулін може досягати більш віддалених ділянок кишечника і тому він є більш перспективним і має більший потенціал в якості пребіотику [23, 24]. Ці дослідження одержали також підтвердження і у двох групах японських вчених [25-26]. Вони встановили, що із збільшенням СП біфідогенний ефект фруктанів підвищується. Польські вчені провели

дослідження дії різних фруктанів у порівнянні із целюлозою [27]. Із інших властивостей ДВ варто відмітити їх адсорбуючий ефект. Вони зв'язують і потім виводять із організму значну кількість жовчних кислот (ЖК), а так як ЖК синтезуються в печінці із холестерину, то ДВ здійснюють гіпохолестеринемічну дію [28].

Гіполіпідемічна дія ДВ є основою для їх використання в профілактиці і лікуванні серцево-судинних захворювань, таких як атеросклероз, ішемічна хвороба серця, гіперліпопротеїдемія, гіпертонічна хвороба, варикозне розширення і тромбоз вен нижніх кінцівок. При цьому велике значення має також вплив ДВ на систему гемокоагуляції. В основі їх тромболітичної дії лежить зміна коагулюючих і фібрінолітичних властивостей слизової оболонки різних відділків шлунково-кишкового тракту

Що стосується антикоагулянтної дії інуліну, то вона була доведена ще в 1953 році білоруськими вченими [29], а потім і іншими вченими [30]. Однак, вплив фруктанів на ліпідний обмін є предметом дискусії. Зокрема, дуже багато вчених досліджували вплив фруктанів різного ступеня полімеризації на вміст холестеринів, тригліцеридів, коефіцієнт атерогенності тощо. Дані деяких із них наведені в табл. 1.5.

Проведені дослідження показали, що при використанні в якості засобу для регулювання ліпідного обміну олігофруктози або низькомолекулярного інуліну для одержання хоча б мінімального ефекту їх кількість повинна бути 20-30 г/добу. При цьому у випадку використання ВМ інуліну ця кількість становить 3-6 г. Варто зазначити, що у пацієнтів з нормальною вагою тіла і нормальними показниками ліпідного обміну вживання інуліну не викликає змін його показників [38,39]. Відмінності у дії низькомолекулярних і високомолекулярних фруктанів пов'язані із їх фізіологічними властивостями, що включають дисперсність у воді, об'єм, в'язкість, адсорбцію та зв'язування сполук та ферментативність [40].

Табл. 1.5.

## Вплив різних фруктанів на показники ліпідного обміну у людей.

	ДОСЛІДНИКИ	УМОВИ ДОСЛІДУ	РЕЗУЛЬТАТИ
1	Parvin Dehghan etc [31]	24 діабетики жін. статі 10 г інуліну/добу на протязі 8 тижнів	Зниження загального холестерину, тригліцеридів, холестерину низької густини, підвищення холестерину високої густини
2	L. Causey [32]	12 чоловіків з підвищ. вмістом холестерину 20 г інуліну (сер. СП 9) Три тижні	Зниження рівня тригліцеридів, незначне зниження рівня холестерину
3	M. Williams [33]	Олігофруктоза 20 г/добу чи 14 г інуліну на добу 9 г інуліну/добу в зернові сніданки 10 г порошку інуліну в їжу чи напої	Не виявлено ефекту  Суттєве зниження тригліцеридів
4	Williams CM, Jackson KG [34]	9 чоловік 15 г/добу	3 чоловіки без ефекту, 3 чоловіки зниження рівня тригліцеридів, 4 зниження рівню загального холестерину та холестерину низької густини
5	Balcázar-Muñoz BR [35]	12 тучних людей з підвищеним рівнем холестерину 7г на добу протягом	зниження рівню загального холестерину та холестерину низької густини, тригліцеридів
6	de Luis DA [36]	15 чоловіків з ожирінням, 3 г/добу інуліну	зниження рівню загального холестерину та холестерину низької густини
7	Letexier D [37]	8 чоловік 6 тижнів без порушень ліпідного та вуглеводного обміну 10 г на добу при дієті з низьким вмістом жирів	Зниження вмісту тригліцеридів, бз змін рівні холестеринів
8	Bonsuet [38]	36 діабетиків-волонтерів 12 тижнів	Без змін рівні холестеринів та тригліцеридів

Ще більше дискусій в літературі викликає інформація щодо впливу фруктанів на вуглеводний обмін. Так, практично більшість інуліномістких рослин (топінамбур, цикорій, лопух, кульбаба і т.д.) віками використовувалося в народній і традиційній медицині для зниження рівня глюкози у діабетиків [41-43]. Однак, дані багатьох вчених [44-46] свідчать про те, що олігофруктоза не має ніякого впливу на рівень глюкози у діабетиків, тоді як лише деякі

свідчать, що інулін знижує рівень глюкози у певних груп. Тому стає очевидним, що на цукрознижувальні властивості інуліну суттєво впливає технологія його виділення із рослинної сировини, очевидно, до того ж із зростанням ступеня полімеризації інуліну його здатність знижувати рівень глюкози зростає.

Ще одним із аспектів фізіологічної дії ДВ є їх вплив на мінеральний обмін. Є докази, що високий рівень вживання традиційних ДВ, таких як клітковина, пектин і т.д. може порушити мінеральний баланс в організмі [47-48]. В основі цих процесів лежать катіонообмінні властивості ДВ. В той же час ДВ не впливають на обмін аніонів. Однак, що стосується інуліну, то дія його в данному аспекті цілком відмінна від інших дієтичних волокон. Так встановлено, що інулін не лише не погіршує мінерального балансу в організмі, а навіть поліпшує його за рахунок покращення засвоєння організмом таких важливих катіонів як Ca, Mg, Fe, Zn і Cu [49-52].

Останнім часом проводилися дослідження, яким чином інулін з різним ступенем полімеризації впливає на мінеральну абсорбцію, зокрема абсорбцію кальцію [53-55]. Всі дослідники однозначно стверджують, що з підвищенням ступеня полімеризації інуліну підвищується і абсорбція мінералів. Швидше за все це відбувається за рахунок більш тривалого перебування фруктану в кишечнику і, внаслідок, більш тривалої його ферментації.

Ще один аспект біологічної активності фруктанів – іммуномодуляторна і антиоксидантна та антиканцерогенна активність. Останнім часом багато дослідників приділяють увагу цьому питанню [56-59]. Практично всі із них прийшли до висновку, що фруктани в тій чи іншій мірі слугують іммуномодуляторами, антиоксидантами та мають антиканцерогенну активність. Перш за все за рахунок біфідогенної дії і покращення роботи кишечника [60-64]. . Однак, австралійські вчені встановили, що високомолекулярний інулін у гамма-формі може також активувати систему компліменту, що значно розширює можливість його використання в якості іммуномодулятора [65].

### 1.3. Дослідження структури, біосинтезу та способів одержання фруктанів.

Відомо, що фруктани є другим за чисельністю після крохмалю представником запасних вуглеводів, які входять до складу більш ніж 30 000 різних рослин [66, 67]. Запасні вуглеводи накопичуються в рослинах в результаті процесу фотосинтезу і відкладаються для подальшого використання (проростання, цвітіння і т.д.). Дослідники, які вивчали поширення фруктанів, помітили, що найбільше фруктанмістких рослин зустрічаються в помірній зоні, де мають місце засухи або морози. Причому в тропічній зоні рослини, що містять фруктани, майже не зустрічаються [68]. Однією із основних відмінностей у біосинтезі крохмалю і фруктанів є той факт, що якщо при зниженні температури нижче 10° С біосинтез крохмалю суттєво сповільнюється, то процес біосинтезу фруктанів набагато менш чутливий до зниження температури.

Наприклад, 1-ЦЦТ (фермент, який започатковує синтез фруктанів) при температурі 5° С зберігає 50 % своєї активності від тієї, що була при оптимальних температурах (20 – 25 ° С) [69]. Таким чином, фруктани в якості резервних вуглеводів забезпечують перевагу рослинам, в яких апарат фотосинтезу є активним у період зими або ранньої весни. Тому вчені висловили думку, що наявність фруктанів забезпечує стійкість рослин до засухи і заморозків [65]. Також було встановлено, що фруктани в рослинах грають роль кріопротекторів і осмотичних регуляторів [70-72].

Фруктани підрозділяють на групи:

1. Фруктани типу інуліну, в яких фруктозильні залишки приєднані за допомогою  $\beta(2 \rightarrow 1)$  зв'язку
2. Фруктани типу левану, в яких фруктозильні залишки приєднані за допомогою  $\beta(2 \rightarrow 6)$  зв'язку
3. Фруктани змішаного типу, в яких присутні як  $\beta(2 \rightarrow 1)$ , так і  $\beta(2 \rightarrow 6)$  зв'язки.

Саме фруктани групи інуліну і викликають в даний момент найбільшу зацікавленість різних груп вчених завдяки своєму потенціалу фізіологічної та біологічної активності, а також перспективи застосування в харчовій промисловості.

Більшість інулінів є сумішшю олігомерів та полімерів, структурна формула інуліну наведена на рис.1.3.

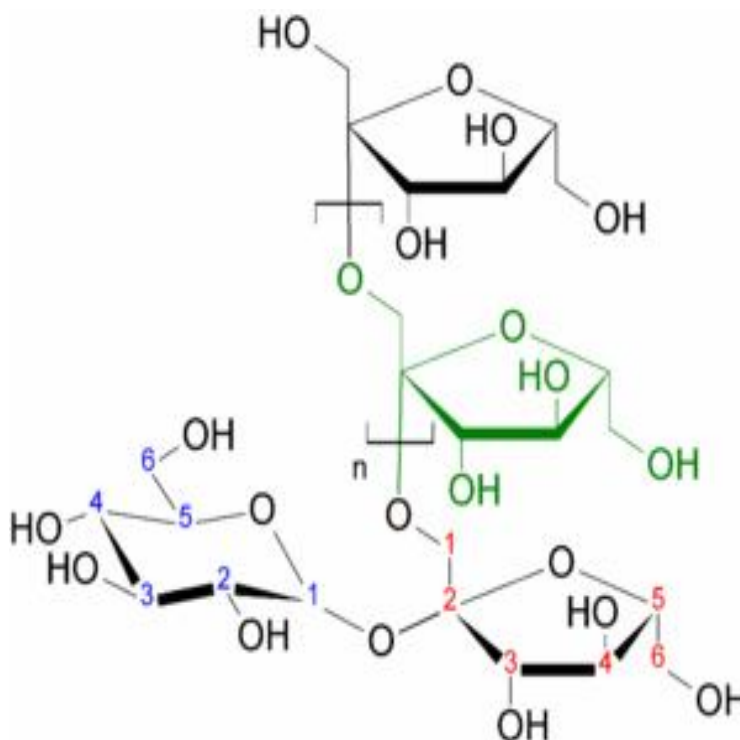


Рис.1.3. Структурна формула інуліну.

При частковому гідролізі інуліну утворюються олігомери GF<sub>n</sub> та F<sub>m</sub> типів (де G - глюкоза, F - фруктоза, n та m - кількість фруктозних залишків). Як GF<sub>n</sub> так і F<sub>m</sub> мають дуже подібні фізико-хімічні властивості, за виключенням того, що завдяки присутності редуруючої фруктозної групи типу F<sub>m</sub> продукт має редуючі властивості, тоді як GF<sub>n</sub> – ні [73].

Молекула інуліну являє собою ланцюг, який складається, в основному, із фруктозних одиниць. Закінчується цей ланцюг зв'язком типу цукрози. Очевидно, глюкозний залишок, ізольований як тетраметилглюкоза, повинен стояти в кінці ланцюга молекули інуліну. Глюкозний же залишок, що відповідає триметилглюкозі, повинен займати якесь проміжне положення в

ланцюгу. Відсутність диметилглюкози свідчить про нерозгалуженість ланцюга молекули.

Таким чином, за останніми даними молекула інуліну являє собою нерозгалужений ланцюг фруктофуранозних залишків, що має один глюкозний залишок в кінцевій групі і один в проміжному положенні.

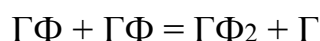
Фруктани типу інуліну синтезуються в рослинах, тоді як фруктами типу левану, як правило, синтезуються за допомогою деяких бактерій.

Дослідження і розуміння біосинтезу фруктанів має велике значення як для інтерпретації фізіолого-біохімічних механізмів накопичення і перетворення інуліну в рослинах, так і при розробці технології одержання цього полімеру.

Субстратом для синтезу фруктанів є цукроза, а полімеризація фруктанів є результатом послідовного переносу фруктозних залишків від цукрози і ланцюгів із нижчим ступенем полімеризації [74,75].

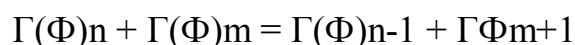
Більшість із останніх робіт по біохімії синтезу фруктанів базуються на дослідженнях Едельмана і Джефферсона, які опублікували ряд робіт по метаболізму фруктанів бульб топінамбуру на протязі 1951-1968 рр. [76,77].

У відповідності із моделлю Едельмана і Джефферсона, синтез інуліну в бульбах топінамбура відбувається в два етапи. На першому – із двох молекул сахарози (ГФ) утворюється глюкоза і трисахариди 1-кестоза (ГФ<sub>2</sub>).



Каталізує цей процес ензим цукроза: цукрозо - фруктозилтрансфераза (ЦЦТ). Саме він відповідає за початкову стадію синтезу фруктанів, каталізуючи переніс фруктозного залишку від однієї молекули цукрози до іншої. В даному випадку цукроза є і донором і акцептором фруктозильних залишків.

Далі реакція відбувається наступним чином: в якості донора фруктозила виступає 1-кестоза ГФ<sub>2</sub>, а молекула сахарози або фруктана в якості акцептора.





Каталізатор даної реакції - ензим фруктан:фруктан фруктозилтрансфераза (ФФТ), який приймає участь в перерозподіленні фруктозильних залишків між ГФп і сахарозою. Результатом такого неодноразового трансфруктозилювання є утворення високомолекулярних фруктанів.

Основна концепція даної моделі синтезу фруктанів була підтверджена багаточисельними експериментальними даними за допомогою використання комбінації очищених 1-ЦЦТ і 1-ФФТ [78- 80]. В присутності цукрози комбінація очищених 1-ФФТ і 1-ЦЦТ призводила до швидкого продукування суттєвої кількості ністози і слідів пентамеру інуліну уже за 2 години інкубації. Після продовженої інкубації до 24 годин були виявлені олігомери типу інуліну із ступенем полімеризації до 20.

Однак виникає запитання: чому різні рослини, вирощені в одних і тих самих умовах можуть накопичувати інулін із різним ступенем полімеризації? Очевидно, ці відмінності можуть бути пов'язані із різними каталітичними властивостями ензима ФФТ у різних видах рослин. Для дослідження цієї можливості Шау [81] використав метод математичного моделювання, щоб визначити, як відносно велика кількість фруктанових полімерів залежить від реакційної здатності ФФТ по відношенню до довгих чи коротших ланцюгів. Показано відносно велику кількість фруктанових ланцюгів із СП максимум до 40, в рамках умов, де допускається, що спорідненість і, таким чином, реакційна здатність, по відношенню до довших чи коротших ланцюгів є різною. Розподіл, що найближче походить на той, що показаний в літературі за участю полімерів, екстрагованих із топінамбуру чи цикорію [82-87], свідчить, що із збільшенням довжини ланцюга від СП 3 реакційна здатність ФФТ спочатку знижується, а потім зростає.

Таким чином стає більш чи менш ясним як відбувається полімеризація фруктанів. Однак, відомо, що коли закінчується сезон росту підземних органів, запаси цукрози у них знижуються, синтез фруктанів припиняється, ЦЦТ активність швидко зникає і бульби і коріння входять у період відносного спокою. На цей період часу близько половини ланцюгів фруктанів є

полімерними. На протязі періоду «сплячки» фруктани піддаються поступовій деполімеризації. Кількість полімерів із СП >30 швидко падає, тоді як кількість олігофруктанів та цукрози, відповідно, зростає. Деполімеризація підсилюється низькими температурами і може вважатися аналогічною індукованій холодом конверсії крохмалю до цукрози в умовах зберігання.

Деполімеризація ініціюється гідролітичним вивільненням фруктозильного залишку під дією фруктанекзогідролази (ФЕГ). Цей ензим є специфічним для олігомерних і полімерних фруктанів і, фактично, не активний у відношенні цукрози. Фруктоза, що вивільняється під дією ФЕГ, ймовірно, перетворюється у цукрозу традиційним шляхом. Цукроза діє як фруктозильний акцептор для переносу фруктозильної одиниці від полімерних фруктанів, який каталізує ФФТ [88-90].

Таким чином, спільними зусиллями ФЕГ і ФФТ разом із допоміжними ензимами цукрозного синтезу, відбувається зниження значення СП фруктанів під час зберігання. Так що це є не втрата фруктанів під час деполімеризації, а перерозподіл фруктозних залишків від довших на більшу кількість коротших ланцюгів.

При проростанні бульб навесні, фруктани, на той час переважно в олігомерній формі, мобілізуються під дією ФЕГ з вивільненням фруктози, що перетворюється у сахарозу для експорту до ростучих частин рослини [91].

Таким чином, три стадії метаболізму фруктанів: синтез, деполімеризація і мобілізація, керовані двома типами факторів. Перший - це зміни в комплексі ензимів, де синтез залежить від високої ЦЦТ активності, а деполімеризація і мобілізація залежать від ФЕГ активності. Активність ФФТ залишається високою на протязі усіх трьох стадій. Другим керуючим фактором є зміна «взаємовідносин» між запасними фруктанами і цукрозою. На протязі синтезу існують суттєві запаси цукрози, яка ефективно спрямовує систему у напрямі полімеризації. У період зберігання бульб, особливо при низьких температурах, цукроза генерується із фруктози, вивільненої під дією ФЕГ, але ця цукроза не осідає зовні і, таким чином, є доступною дії ФФТ як фруктозильний акцептор.

Під час проростання бульб, цукроза, генерована із процесу деполімеризації фруктанів, переміщується до регіонів росту рослин, що розвиваються. Отже, внутрішньо регульований ензимний комплекс бульб разом із зовнішньо регульованими запасами і потребами в цукрозі контролюють полімеризацією і деполімеризацією фруктанів в бульбах топінамбуру.

Такий же механізм властивий і іншим інуліноносам, хоча й активність ензимів, особливо ФФТ і ФЕГ різна. Можна зробити висновок, що саме активність цих ензимів і забезпечує молекулярно-масовий розподіл і фракційний склад інулінів із різних інуліноносних рослин.

#### 1.4. Номенклатура, сировина та одержання фруктанів.

Однак, у літературі не існує єдиного поняття, що таке інулін, олігофруктоза і фруктоолігосахариди. Різні автори дають свою інтерпретацію цих понять і використовують ці терміни по-своєму [92-93]. Більшість із них вважають, що фруктани зі ступенем полімеризації 9 і менше це олігофруктоза, а 10 і більше це інулін. Можливо саме цим обумовлена така різниця в даних досліджень властивостей фруктанів різних учених.

Грег Келли приводить свою номенклатуру [94] (табл.1.6).

Табл. 1.6.

Номенклатура фруктанів	
ФОС, фруктоолігосахариди	Термін використаний для опису суміші коротколанцюгових інулінових фруктанів, синтезованих із сахарози.
Олігофруктоза	Цей термін використано для опису інулінових фруктових сумішей з $SP_{max} < 10$ , отриманих частковим гідролізом інуліну, а потім фізично відокремлених від довголанцюгових ( $DP \geq 10$ ) інулінових фруктанів
Інулін	Цей термін використовується для фруктанів, які екстрагували горячою водою, і не піддавали подальшій обробці
Інулін ВМ	Термін описує винятково довголанцюгові, високомолекулярні суміші фруктанів (фруктани з $DP < 10$ фізично видалені)

Продовження табл.1.6.

ФОС-збагачені інуліном	Термін описує інулін, збагачений ФОС
ФОС-збагачені ВМ інуліном	Термін описує ВМ інулін, збагачений ФОС
Інулін, збагачений олігофруктозою	Суміш, що містить інулін з олігофруктозою
ВМ інулін з олігофруктозою	Суміш, що містить ВМ інулін з олігофруктозою

Каталог Sigma-Aldrich посилається на рослинне джерело фруктану, зокрема олігофруктоза із цикорію, інулін із жоржини тощо [95-96].

Відомо, що фруктани різняться не лише ступенем полімеризації, сировиною, з якої їх виділили, але й конформаційною структурою. Ще в 1930 році в своїй роботі Прингштейм відмітив, що інулін, осаджений із води, має розчинність меншу, ніж інулін, осаджений за допомогою спирту [97]. Крім того, якщо інулін розчинити у гліцерині, етиленгліколі чи навіть у воді, а потім осадити спиртом, то він виділяється у формі, яка розчинна у воді. Ці відомості свідчать про поліморфізм інуліну. Фелпс підтвердив, що існує дві явні форми інуліну:  $\alpha$  і  $\beta$  [98]. Перша може бути отримана висадженням із води, друга - із спирту. Однак, конформаційні відмінності між цими двома формами не були встановлені.

Пізніше вченими Австралійського національного університету була відкрита і виділена третя форма інуліну [99]. Вона отримала назву -  $\gamma$ -інулін. На відміну від перших двох, які суттєво розчиняються у воді при 37°C,  $\gamma$ -інулін при цій температурі практично не розчинний, а розчиняється при температурі 70-80°C. Серія поліморфних форм, в яких кристалізується інулін, може бути охарактеризована за допомогою їх різної швидкості розчинення у воді, починаючи з миттєво розчинного при 23°C  $\beta$ -інуліну через  $\alpha$ -інулін, що суттєво розчиняється при 37°C до  $\gamma$ -інуліну, який практично не розчинний при цих температурах. Усі ці форми взаємоперетворюємі. Більш розчинні і нестабільні при стоянні переходять в менш розчинні і більш стабільні форми. Кінцевим продуктом є стабільний  $\gamma$ -інулін.

Пізніше було розроблено методи одержання модифікаційних форм інуліну і досліджено їх властивості [100], причому для інуліну, отриманого із жоржини.

Намагаючись отримати інулін з більш високою біологічною активністю, австралійські вчені відкрили дельта-форму інуліну [101]. Після цього вони ж заявили, що, вивчаючи молекулярну основу для потужної імунної активності раніше описаних частинок гамма-дельта-інуліну та допомагаючи у виробництві ад'ювантів інуліну в рамках GMP, вони виділили п'ять нових ізоформ інулінів, в результаті чого загальна кількість їх становить сім плюс аморфна форма. Ці ізоформи включають послідовний розвиток серії розвитку інуліну аморфний → альфа-1 → альфа-2 → гамма → дельта → дзета → епсілон → омега, в якій кожна вища ізоформа може бути отримана або шляхом осадження розчиненого інуліну або шляхом безпосереднього перетворення його попередника, в обох випадках використовуючи регулярно зростаючу температуру [102].

Найбільше фруктани класу інуліну представлені в родині Складноцвітих або Айстрових, саме  $\beta(2\rightarrow1)$  фруктозил – фруктозний зв'язок, характерний для інуліну, і є «візитною карточкою» родини Складноцвітих.

Серед інуліноносів велика кількість рослин, які здавна застосовувалися в харчуванні людини, а також широкий спектр лікарських рослин, причому дані щодо вмісту інуліну в цих рослинах різняться у різних дослідників.

Розбіжності в думках вчених щодо інуліну в різних рослинах стосуються не лише кількості, але й щодо ступеня полімеризації.

Основними рослинами, які накопичують високий вміст інуліну або фруктанів і в тій чи іншій країні вважаються його харчовими джерелами або перспективними культурами для його виділення є: цикорій [103-105], топінамбур [106-109], лопух [110, 111], кульбаба [112, 113], скорцонера [114-116], оман [117], жоржина [118-119], якон [120-121], агава [122-123], мармонг, вернонія, артишок, костус [124]. Останні чотири рослини в наших кліматичних рослинах не вирощують. Тому в якості перспективних джерел інуліну ми

розглядали наступні культури: цикорій, топінамбур, лопух, оман, скорцонеру, жоржину та якон.

Цикорій (*Cichorium intybus* L.) вважається основним джерелом фруктанів на теренах ЄС. Саме його використовують три найбільші виробники олігофруктози та інуліну, а саме бельгійські компанії Orafiti та Cosucra, а також голандська компанія Sensus. Світове виробництво цикорію по даним на 2015 р., становило 557 тис. тонн. Основні країни - виробники цикорію наведені у табл.1.7.

Бельгія та Нідерланди основну масу цикорію використовують для виробництва фруктанів, тоді як Франція (компанія Legoux) та інші виробляють із нього кавові напої.

Суттєвими перевагами цикорію є хороша урожайність до 50-55 т/га, можливість вирощування в умовах помірного клімату, незначне ураження хворобами та шкідниками [126-128].

Табл. 1.7.

## Світове виробництво цикорію [125]

№п/п	Світове виробництво цикорію		
	Країна	Тис.тон	%
1.	Бельгія	347	62
2.	Франція	96	17,2
3.	Нідерланди	52	9,3
4.	Польща	19	3,4
5.	Північна Африка	15	2,7
6.	Пуерто Ріко	6	1
7.	Україна	6	1
8.	Філіпіни	5	0,9
9.	Хорватія	5	0,9

Комерційне виробництво коренів цикорію розпочалося в 18 сторіччі в Європі, тоді ж у Франції був побудований перший завод по переробці цикорію в якості замітника кави. Обсмажені і мелені коренеплоди цикорію набувають кавового кольору, злегка гіркуватого смаку і своєрідного аромату, що дозволяє використовувати їх в якості самостійного напою або в вигляді домішки (від 10 до 70 %) до натуральної кави або її сурогатів.

З тих пір ця індустрія суттєво розвинулася і набула світового розмаху. Найбільшим виробником цикорної кави є французька компанія Leroux [129]. Крім того, в 90-ті роки минулого сторіччя із цикорію налагодили виробництво олігофруктози і фруктозних сиропів, які використовують замість цукру в харчуванні хворих на цукровий діабет, а також у виробництві напоїв, мармеладу та інших кондитерських виробів [130].

Коріння цикорію містить інулін, кумарини, флавоноїди, сесквітерпенові лактони (лактucin і лактукопикрин), таніни, алкалоїди, вітаміни, мінерали і летучі олії [131-134]. Ці компоненти забезпечують йому антиоксидантну, антиканцерогенну, протизапальну, антипаразитичну і гепатопротекторну дію.

Цінний хімічний склад коренів цикорію дозволяє використовувати цю рослину для отримання великої кількості продуктів дієтичного, функціонального та лікувального харчування, дієтичних добавок, ветеринарних препаратів та при виробництві кормів для тварин [135-137].

Навіть аналізуючи той факт, що найбільше цикорію вирощують у Бельгії, очевидно, що більшість цикорію переробляють на олігофруктозу і інулін [138].

Більшість технологій виділення інуліну, які розробляли дослідники, теж була пов'язана з цикорієм.

Цикорій в якості джерела фруктанів розглядають і вчені ПАР. Так захищена дисертація Vuyo Bhongolethu Mavumengwana в RHODES університеті “Виділення, очистка і характеристика інуліну і фруктоолігосахаридів із цикорію та інулінонази із *Aspergillus niger*” [139]. Запропонована ним схема складається з наступних стадій: подрібнення цикорію до кашки, додавання води при 70° С і гомогенізація протягом 1 хв, витримання при 70° С протягом 1

год, фільтрування, відділення фільтрату, обробка  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , випаровування і кріосушка.

Останнім часом зріс інтерес до виробництва інуліну (фруктанів) в КНР, так як ця країна є важливим імпортером цих продуктів.

Запатентований спосіб виробництва інуліну із коренів цикорію [140], який передбачає сушіння побрібненого коріння при  $50-100^\circ \text{C}$ , подрібнення, п'ятиразову екстракцію етиловим спиртом з різною концентрацією від 10 до 95 %, змішування екстрактів, фільтрування, знебарвлення, фільтрування, концентрування і сушка під вакуумом до вологості 2-10.

Інші вчені проводили пілотне дослідження застосування імпульсних електричних полів (ІЕП), для покращення дифузії інуліну з коріння цикорію [134]. Вивчали вплив параметрів ІЕП (напруженість електричного поля  $E = 600 \text{ В см}^{-1}$ , тривалість обробки = 10-50 мс) та температури дифузії (коливається від  $30$  до  $80^\circ \text{C}$ ) на кінетику екстракції розчинних речовин, вміст інуліну в соку, і виснаження пульпи. Вони вважають, що застосування ІЕП полегшує вилучення інуліну при звичайній температурі дифузії ( $70-80^\circ \text{C}$ ), причому температура дифузії навіть може бути зменшена на  $10-15^\circ \text{C}$  в залежності від концентрації інуліну в соці. Зменшення споживання енергії може бути досягнуто за рахунок зменшення тривалості лікування ІЕП до 10 мс, що є достатнім для ефективного вилучення.

Ще одне перспективне джерело інуліну – топінамбур (*Helianthus tuberosus*). Урожайність цієї культури (бульби і зелена маса) сягає 100 т/га, при цьому урожайність бульб сягає 40-45 т/га. Вміст інуліну знаходиться близько 20%. Найбільше ця рослина популярна на теренах РФ і колишнього Радянського Союзу [141-149]. Варто зазначити, що існує більше 300 сортів цієї рослини і її хімічний склад, вміст інуліну та урожайність в значній мірі залежить від сорту [150].

Питаннями одержання інуліну із бульб цієї рослини займалися багато вчених.



Так, Кубанський державний технологічний університет запатентував спосіб одержання інуліну із топінамбуру [151], що включає наступні стадії: подрібнення бульб, змішування з водою 1:4, бланшування при 70° С, екстрагування водою з використанням вібраційної дії на протязі 30-60 хв. і відокремлення соку. Отриманий сік обробляють за допомогою ультрафільтрації на напівволоконних фільтрах. Отриманий концентрат очищають на іонообмінних колонах до вмісту інуліну 20-21%.

Ще один патент РФ теж стосується одержання інуліну із топінамбуру [152]. Спосіб включає виділення високомолекулярного інуліну шляхом кристалізації його із розчину, його очистку і сушіння. Спосіб відрізняється тим, що фруктозани з СП>2, які утворюються в процесі виділення високомолекулярного інуліну, знебарвлюють активованим вугіллям в суміші з перлітом, упарюють під вакуумом до СВ 25-30 % і висушують на розпилювальній сушарці з отримання дрібнодисперсного порошку.

Інший патент РФ описує спосіб отримання інуліну із бульб топінамбуру [153], при якому із подрібнених бульб топінамбуру за допомогою фізико-механічного відділення водорозчинних речовин отримують сік, далі за допомогою нагрівання до 80-85°С і фільтрування видаляють білкові та барвні речовини, після чого сік очищають за допомогою, ультрафільтрації, діафільтрації і нанофільтрації, знебарвлюють за допомогою активованого вугілля, концентрують і із отриманого розчину кристалізують інулін.

Розроблений також спосіб отримання інуліну із топінамбура [154], що включає різку топінамбура, обробку ферментом, інактивацію ферменту, додавання води, фільтрування, знебарвлення за допомогою активованого вугілля, видалення домішок, центрифугування, видалення білка, осадження етиловим спиртом, центрифугування, обробку іонообмінною смолою або ультрафільтрацію, концентрування під вакуумом і розпилювальну сушку.

Ще один спосіб одержання інуліну [155] передбачає екстракцію висушеного порошку топінамбура гарячою водою на протязі 0,5-1,5 годин з додаванням целюлази і пектинази при 40-55° С, очистку отриманого екстракта,

видалення домішок, очистку за допомогою ультрафільтраційної мембрани, концентрування під вакуумом і сушіння.

Китайські спеціалісти пропонують спосіб [156], який включає обробку сировини перекисом водню, сушіння, подвійне екстрагування гарячою водою, видалення із екстракта домішок з використанням вапняного молока і фосфорної кислоти. Очищений маточний розчин висушують розпилювальною сушкою.

**Лопух (*Arctium lappa* L.)** в якості сировини для одержання інуліну стали розглядати порівняно недавно, хоча сама рослина має велику харчову цінність. У Франції, Бельгії, США та Китаї його розводять на городах та промислових плантаціях. В Японії він введений у культуру, де під назвою Гобо вирощується для приготування із його коренів різноманітних страв.

Перспективною сировиною для одержання інуліну вважають лопух і італійські вчені [157], хоча вони мали певні труднощі при культивуванні цієї рослини (особливо на стадії проростання та ранніх стадіях розвитку).

Багато зарубіжних вчених також досліджували вміст інуліну у корінні лопуха [158-159].

Хімічний склад коренів лопуха досить різноманітний. Крім інуліну (до 50 %) вони містять ефірні масла (до 0,18 %), протеїн (близько 12 %), вітаміни А, С, Е, Р, а також групи В, широкий спектр мінеральних речовин, а саме солі хрому, кобальта, заліза, магнію, фосфора, калію, кремнію, натрію, цинку, кальцію, міді, марганцю, селену і сірки; жирні масла, до складу яких входить олеїнова, лінолева, пальмітинова, стеаринова кислоти; дубильні речовини, флавоноїди, іридоїдні глікозиди, поліацетиленові вуглеводні, ситостерин, стигмастерин, алкалоїди.

Як джерело фруктанів коріння лопуха привернуло увагу вчених порівняно нещодавно, тому публікацій по цьому напрямку значно менше у порівнянні із іншими культурами [160, 161]. Варто зазначити, що найбільше досліджень в цьому напрямку було зроблено саме японськими, а останнім часом і китайськими вченими.

Японські спеціалісти досліджували зміни в складі фруктоолігосахаридів і відносну ензимну активність в корінні лопуха під час низькотемпературного зберігання [162-163]. Найбільш цікавими були дослідження вчених Японії та Ямайки [164], які зберігали коріння лопуха на протязі шести тижнів при різних температурах ( $0^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$  і  $20^{\circ}\text{C}$ ) і досліджували активність ензимів та вміст фруктанів.

Було встановлено, що при температурах  $15^{\circ}\text{C}$  і  $20^{\circ}\text{C}$  загальна кількість фруктоолігосахаридів зростала на протязі перших трьох тижнів, а потім почала зменшуватися, тоді як при  $0^{\circ}\text{C}$  кількість ФОС зростала прогресивно на протязі всього періоду зберігання. Що стосується вмісту інуліну, то він знижувався на протязі всього періоду у всіх зразків і кінцевий вміст інуліну був найнижчий при  $20^{\circ}\text{C}$ . Були зроблені висновки, що метаболізм вуглеводів під час зберігання лопуха залежить від температури, а також інших фізіологічних факторів.

Виділенням інуліну із коріння лопуха займалися китайські вчені [165]. При цьому сухе коріння (100 г) було розмелене в холодній дистильованій воді (6 л) протягом 24 годин при кімнатній температурі. Суспензію фільтрують, центрифугують, концентрують до 2 л, та розчин додають по краплях до етанолу (8 л) при перемішуванні. Осад збирали центрифугуванням, промивали водно-спиртовим розчином (80 об.%), суспендували у дистильованій воді, вичерпно діалізували і виморожували до льоду, одержуючи коричневий продукт.

Іранські вчені теж займалися виділенням інуліну із коріння лопуха [166] за допомогою ультразвуку високої інтенсивності. Оптимальними умовами екстракції вони вважають: час обробки 25 хв, звукова амплітуда 83.22% та температура  $36,76^{\circ}\text{C}$ .

Китайські спеціалісти отримали патент [167] на спосіб вилучення інуліну з кореня лопуха, який складається з наступних етапів: очищення кореня, висушування на сонці та розбивання для отримання порошку для подальшого використання; додавання гарячої води при температурі  $80^{\circ}\text{C}$ , рівномірно повністю перемішуючи, двічі проводячи екстракцію із зберіганням тепла та

потім відфільтровують. Потім фільтрат упарюють до додають 95-градусний етиловий спирт, перемішують та витримують протягом 2 годин, фільтрують для відділення осаду. Очищають перекристаллізацією в дистильованій воді та осадженням етиловим спиртом.

Китайські вчені проводили ультразвукову(мікрохвильову) екстракцію лопуха і отримували інулін і багаті на феноли дієтичні волокна [168]. Вони встановили, що з підвищенням інтенсивності мікрохвильової обробки час екстракції скорочується, а виділення інуліну підвищується.

Це твердження підтверджується дослідженням ще одних китайських вчених, які проводили паралельно традиційну екстракцію водою і екстракцію за допомогою мікрохвильовою обробки [169]. Співвідношення інуліну, яке було отримане після таких обробок, становило 50.19% і 58.18% відповідно.

Також китайські вчені для екстракції інуліну із лопуха застосовували ензимні методи [170, 171].

Ще одна інуліномістка культура – **оман (*Inula helenium* L.)**.

Хоча інулін був виявлений вперше саме в корінні омани і ця рослина досить популярна і вживана в народній медицині, досліджень хімічного складу та накопичення інуліну було здійснено порівняно небагато [172].

В природніх умовах зустрічаються цілком здорові рослини омани у віці 15-18 років і вагою коріння до 3,5 - 5 кг, іноді до 8 кг, але в такому корінні переважають механічні тканини, клітковина. Ознаки старіння з'являються з 10 - 12-річного віку. Для промислових заготовок сировини придатні рослини омани у віці 5 - 7 років, коли їх коріння сягають 1,5-2,5 кг. Їх вік можна визначити по річним кільцям.

Розподіл інуліну по довжині коріння неодинаковий, значна його кількість концентрується в верхній частині кореневища, в межах 20-25 см. У зв'язку з цим в дикоростучого омани рекомендується викопувати не все коріння, а лиш основну масу товстих кореневищ.

Оман також вирощується в культурі, але як лікарська рослина, а не джерело інуліну.

До складу коріння оману крім інуліну входять також ефірні масла, що містять геленін, алантол, проазулен і суміш сесквітерпенових лактонів (алантолактон, ізоалантолактон, дигідроалантолактон). Крім того, в коріннях рослин знайдені вітамін Е, сапоніни, смоли, камеді, слизи, пігменти, незначна кількість алкалоїдів [173].

Що стосується виділення інуліну із коріння оману, то ним, в основному, займалися болгарські вчені [174].

### **Кульбаба лікарська ( *Taraxacum officinale*).**

Приймаючи до уваги, що коріння кульбаби досить дрібне у порівнянні з іншими інуліноносами, перспектива його використання в якості джерела інуліну викликає сумнів. Однак патент РФ наводить спосіб [175] одержання інуліну із коріння кульбаби, що передбачає обробку рослинної сировини водою на протязі 3-5 діб. Інулін осаджують за допомогою етилового спирту при температурі - 15°C.

Можливістю виділення інуліну із кульбаби займалися також і болгарські [176] та вірменські [177] вчені.

Однак варто згадати, що найближчий родич кульбаби – кок-сагиз (*Taraxacum kok-saghyz*), який зовні дуже схожий на кульбабу, використовували для промислового одержання природного каучука. При цьому його коріння мало комплексне застосування – із нього одержували інулін, який після гідролізу використовували для спиртової перегонки. Із 1 тони повітряно-сухої маси коріння одержували до 100 л спирту. Максимальний урожай коріння сягав 75 ц з га, 1 ц сирого коріння давав 60-70 л спирту [178-179].

В даний час кульбабу культивують в багатьох країнах Європи, існує близько 100 сортів цієї рослини, які використовують для приготування салатів, в кулінарії (в основному, листя), а також для виробництва вина (квіти) і як замітник кави (коріння).

Що стосується виробництва каучуку, то до цього питання існує інтерес і в наші дні. Так, у Канаді існує компанія Kok Technologies Inc., яка пропагує

проект переробки кок-сагізу на каучук і інулін – спирт. Згідно з їхніми дослідженнями, вихід каучуку з коріння кок-сагізу сягає 24 %, а інуліну – 36 % [181].

До складу коріння кульбаби крім інуліну, вміст якого сягає 18 – 25% восени, входять сесквітерпенові лактони, терпеноїди і фенольні сполуки, таніни, пектини, алкалоїди, вітаміни А і С, бета-каротин [182].

Однак останнім часом багато авторів розглядають і інші рослини в якості джерела фруктанів, зокрема інулінів.

Португальські вчені досліджували інулін, одержаний із цикорію і скорцонери, вирощених у Португалії [183].

Скорцонера (чорний або солодкий корінь) походить з Європи. У середні віки користувалася широкою популярністю як лікарська та їстівна рослина. Нині найбільше поширена у Нідерландах, Німеччині, Франції, Англії і т.д. У нас існує декілька диких форм, в тому числі і здичавіла культурна. Багаторічна рослина, вирощують у дворічній культурі.

Скорцонера містить вуглеводи, інулін, аспарагін, білок, солі калію, кальцію, фосфору, заліза, магнію, натрію, вітаміни С, РР, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, Є, каротин, жироподібні, дубильні, гіркі і біологічно активні речовини, ферменти, яких особливо багато у листках.

Скорцонеру порівняно недавно стали розглядати як перспективну сировину для одержання інуліну. Перевагами цієї культури є те, що вона, на відміну від цикорію, зимостійка, не боїться заморозків. Її можна висівати як весною, так і восени і вона дає стабільні врожаї на родючих пухких ґрунтах.

Суттєве дослідження можливості використання скорцонери в якості сировини для одержання інуліну проводив Мирослав Конопінський із університету природничих наук в Любліні [184]. Велику увагу від приділяв впливу попередників, термінів посів, оранки на урожайність і вміст інуліну в коренях. Встановлено, що середній вміст інуліну в коренях скорцонери складає 15,17 %, а найкращим попередником є фацелія. В своїх дослідженнях він використовував сорт «Мамут», ймовірно польської селекції.

Екстрагування полісахаридів із коренів скорцонери під дією електричного розряду досліджували російські вчені [185]. Вони використовували для досліджень іспанський сорт «Максіма» і розробили спосіб одержання рослинних полісахаридів [186].

Якість скорцонери в залежності від умов вирощування і зберігання досліджували російські вчені [187].

Варто згадати також таку культуру, як жоржина. Жоржина (*Dahlia*) - багаторічна рослина з родини складноцвітих (*Compositae*). Жоржина - рослина з бульбовидним потовщеним корінням (коренебульбами).

Соковиті бульби жоржини аборигени північної Америки вживали як картоплю. Бульбами лікували епілепсію та інші хвороби, листя прикладали до ран.

Речовиною, яку виділяли із бульб жоржини і називали атлантичним крохмалем або діабетичним цукром лікували цукровий діабет і туберкульоз. І навіть у наш час в Мексиці в штаті Оахако як і раніше вживають бульби жоржин, а із їх пелюсток готують салати. В багатьох регіонах Центральної Америки із обжарених бульб або сухих пелюсток жоржин готують напій – Дакопа – який є альтернативним чаю і каві.

Що стосується вуглеводного складу, то цукристість бульб жоржини майже така сама, як і цукристість топінамбуру. Вміст вуглеводів у бульбах становить в середньому 16-18%. В соку свіжих бульб вміст інуліну, тобто нерозчинної у воді фракції фруктанів, досягає 80% ваги вуглеводів. При гідролізі вуглеводів соку жоржин утворюється до 90 % фруктози, а інколи і більше.

Крім бульб і дуже цінних в декоративному відношенні квіток, жоржини утворюють досить велику надземну зелену масу, яка може бути використана при силосуванні кормів.

В нашій країні жоржина відома завдяки своїм квітам як декоративна рослина, однак багато вчених саме цю рослину розглядали як досить перспективне джерело високомолекулярного інуліну.

Так, екстракцією, ідентифікацією і ацетилюванням інуліну з коріння жоржини займалися вчені з Малайзії і Індонезії [188]. Інулін екстрагували із коріння жоржини водою в концентрації 1:1, відділяли екстракт і випарювали його на водяній бані до отримання концентрованого екстракту. Одержаний екстракт відфільтровували і додавали 40 % спирт до концентрації 30 % від загального об'єму фільтрату. Розбавлений фільтрат заморожували в морозильній камері при температурі – 10 С протягом 18 годин, а потім витримували при кімнатній температурі протягом 2 годин. Отриману суспензію центрифугували і відділяли інулін-сирець. Його знову розчиняли у воді і до розчину додавали 2 % активованого вугілля. Розчин відфільтровували і додавали 40 % спирт у тій же пропорції, що й раніше. Охолодження і фільтрацію інуліну проводили до тих пір, поки не отримували білий осад – чистий інулін. Висушування проводили при температурі 50 С протягом 7 годин.

Одержанням інуліну із жоржини займалися також і колумбійські вчені, які теж подрібнені бульби екстрагували водою при температурі 65 – 70 С протягом 15-20 хв. Рідку фазу відділяли і очищали за допомогою вакуумної фільтрації. Інулін осаджували за допомогою 96 % спирту. Інулін відділяли за допомогою вакуумної фільтрації і висушували на ліофільній сушарці. Вихід інуліну становив 13,75 %.

Російські вчені також розглядали жоржину як альтернативне джерело інуліну. Вони навіть вважають, що жоржина є більш доцільною в даному напрямку ніж топінамбур. Вони встановили, що вміст інуліну в бульбах жоржин коливається від 22 до 44,3 %. В Пятигорську (РФ) в 2011 р. Ананьїна Н.О. захистила дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фармацевтичних наук «Використання бульб жоржини простої як альтернативного джерела отримання інуліну» [189].

Хоча ми звикли відноситися до цієї рослини, як до декоративної квітки, вчені багатьох країн, а саме Австралії, Америки вважають, що саме ця рослина може накопичувати інулін з найвищим ступенем полімеризації [190]. Інулін із



жоржини пропонується компанією Sigmaaldrich, яка є постачальником особливо чистих речовин, реагентів і т.д [96], а також продається на сайті японської компанії [191]. Українські та польські вчені навіть досліджували як розподіляється довжина ланцюга інуліну із жоржини в залежності від методу екстракції [192].

Але на теренах колишнього Радянського Союзу жоржину практично не розглядають в якості перспективного джерела інуліну. Це може бути пов'язано з сортами, які ростуть в нашій зоні, а можливо із кліматичними умовами, так як більше всього цю рослину вирощують в країнах із жарким кліматом.

Деякі патенти, які стосуються виділення інуліну із рослинної сировини не посилаються на якусь конкретну рослину, а вказують або декілька рослин або просто «інуліномісткі рослини» [193-194].

Аналіз патентних досліджень [195] в області сучасних технологій виробництва інуліну із рослинної сировини свідчать, що відмінності відомих в даний час способів виробництва інуліну полягають в виборі режимів попередньої підготовки інуліномісткої сировини, виду екстрагента і способів екстрагування, способів очистки інуліномісткого екстракту і способів отримання готового продукту. Значна кількість способів виробництва інуліну ґрунтується на використанні свіжовикопаної сировини. Запатентовано ряд способів, які передбачають екстрагування інуліну з попередньо стабілізованої рослинної сировини шляхом сушіння. У більшості розглянутих способів екстрагування інуліну проводиться при підвищених температурах водою або водними розчинами солей. Ряд технологій передбачає екстрагування органічними розчинниками при низьких температурах. Запатентовані кілька способів, в яких екстрагування замінено на процес відділення інулінвмісного соку з застосуванням фізико-механічних методів. Деякі з відомих способів передбачають проведення в процесі екстрагування додаткових операцій таких, як бланшування рослинної сировини, обробку ультразвуком, вібрацією, обробку ферментами.

Ще один огляд літератури з одержання інуліну був зроблений співробітниками Астраханського державного технічного університету [196].

Вони вважають, що із огляду патентної та технічної літератури впливають наступні недоліки способів одержання, такі як:

1. Порівняно невеликий вихід кінцевого продукту і його невисока якість;
2. Велика тривалість процесу, що робить виробництво інуліну нерентабельним;
3. Отримання кінцевого продукту з домішками;
4. Часткові втрати інуліну внаслідок екстракції спиртовим розчином (агресивне середовище);

В якійсь мірі ці висновки можна поставити під сумнів так як екстракція спиртовим розчином інуліну не є доцільною, спирторозчинними є тільки низькомолекулярні фруктани.

### **1.5. Інουλін як харчова та дієтична добавка.**

Останні роки набуває значної популярності використання харчових та дієтичних добавок. Попри те, що досить часто це бувають одна і ті ж речовини, їх функції та область застосування є досить різною. Існує декілька визначення харчових добавок:

1. "Харчова добавка — природна чи синтетична речовина, яка спеціально вводитьься у харчовий продукт для надання йому бажаних властивостей". (Закон України "Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини" (редакція від 24.10.2002 р.)

2. «Харчова добавка — це речовина, що не використовується для їжі у чистому вигляді і не є типовим інгредієнтом продуктів харчування незалежно від того, має ця речовина поживні властивості чи ні, а яка навмисно вводитьься до харчових продуктів в технологічних цілях (включаючи органолептичні) в процесі їх підготування, оброблення, виготовлення, пакування, транспортування чи зберігання, або яка може безпосередньо чи опосередковано

забезпечити потрібний результат і вплинути на характеристики таких продуктів» (визначення Всесвітньої організації охорони здоров'я) [197].

3. «Харчова добавка — це природна або синтетична речовина, яка додається ззовні в харчові продукти для виконання певних технологічних функцій» [198].

На нашу думку найбільш вірним є останнє визначення, так як саме воно відображає зв'язок з технологічними функціями.

Основними цілями внесення добавок є:

- ◆ вдосконалення технології підготування, переробки харчової сировини, виготовлення, пакування, транспортування та зберігання продуктів харчування;
- ◆ підвищення стійкості харчових продуктів до різних видів псування;
- ◆ створення та збереження необхідної структури продуктів;
- ◆ збереження або покращання органолептичних властивостей продуктів.

Визначення дієтичних добавок, що наводяться швейцарськими спеціалістами [198] звучить так: «Продукти харчування, метою яких є доповнення нормальної дієти та концентровані джерела поживних речовин або інших речовин, що мають поживний або фізіологічний ефект, поодиноці або в комбінації, що продаються у вигляді однієї дози, а саме форми, такі як капсули, пастилки, пігулки або інші подібні форми, пакетики порошку, ампули рідини, пляшки, що випускаються, та інші подібні форми рідин та порошоків, призначені для прийому в виміряних одиничних кількостях».

Ще одне визначення дієтичних добавок [199]. Дієтичні добавки (англ. *Dietary Supplement*) — вітамінні, вітамінно-мінеральні добавки, рослинна сировина (вуглеводи, амінокислоти, протеїни, ліпіди, рослинні олії, екстракти та інші продукти з сировини рослинного і тваринного походження), окремо або в суміші у формі таблеток, порошоків, розчинів, що приймаються перорально разом з їжею або додаються до їжі в межах фізіологічних норм і вважаються

необхідними або корисними для забезпечення здоров'я людини. Д.д. можуть додаватися до окремих харчових продуктів з урахуванням рівня включень, визначеного у відповідних санітарних заходах, а також вироблятися для безпосереднього споживання як самостійний харчовий продукт.

В табл.1.8. наведені деякі відмінності між дієтичними добавками і лікувальними продуктами.

Табл.1.8.

Деякі відмінності між лікарськими препаратами та дієтичними добавками

Критерій порівняння	Лікувальний продукт	Дієтична добавка
Мета застосування	Профілактика, терапія та діагностика захворювань	Зміцнення здоров'я, зниження ризику захворювань, дієтотерапія, лікувальне харчування
Показання до застосування	Нозологічна форма захворювання	Оптимізація метаболізму речовин і функціонального стану окремих органів і систем
Склад	Моно- та багатокомпонентні суміші лікарських та допоміжних речовин	Окремі нутрієнти, подрібнена рослинна сировина або багатокомпонентні суміші Інгредієнтів різної природи
Шлях введення в організм	Пероральний, парантеральний, сублінгвальний тощо	Тільки пероральний (разом з їжею або додається до їжі)
Ефективність	Фармакологічні дослідження	На основі першоджерел про дію інгредієнтів (нутрицевтики)
Безпека	Комплекс токсикологічних та медико-біологічних досліджень	Застосування за затвердженою інструкцією, залежність доза-реакція експериментально не визначається

Залежно від призначення дієтичні добавки поділяють на [200]:

- Допоміжні джерела їжі та біологічно активних речовин для оптимізації вуглеводного, жирового, білкового, вітамінного та інших видів обміну речовин при різних функціональних станах;

- Для нормалізації або покращення функціонального стану органів або систем організму у людини, в тому числі самотійно або у складі продуктів, що виявляють загальнозміцнюючу, сечогінну, тонізуючу, заспокійливу, або інші види дій при різних функціональних станах

- Для зниження вірогідності захворювання, нормалізації мікрофлори кишково-шлункового тракту, у якості ентеросорбенту тощо.

Використання дієтичних добавок дозволяє:

- полегшити очищення організму від продуктів обміну і шкідливих речовин;

- швидко поповнювати дефіцит необхідних харчових речовин;

- підвищити працездатність і витривалість організму;

- скоригувати вагу;

- зміцнити імунітет;

- провести профілактику хвороби;

- підтримати роботу окремих систем організму;

- покращити психологічний стан;

- покращити зовнішній вигляд.

Що стосується фруктанів, то їх застосовують і як харчові і як дієтичні добавки [201]. Це твердження базується на функціональних і фізіологічних функціях інулінів, приведених групою бельгійських вчених табл.1.9. [202].

Табл.1.9.

#### Функціональні і фізіологічні функції інулінів

Функціональні властивості	Фізіологічні властивості
Нейтральний або злегка солодкий смак	Низькокалорійний продукт

## Продовження табл. 1.9.

Нейтральний колір та смак	Дієтичне волокно
Помірно розчинний у воді	Біфідогенний агент
Покращує структуру	Безпечний для діабетиків (для низькомолекулярних)
Гелеутворювач	Безпечний для зубів
Стабілізатор пін	

Російські спеціалісти вважають, що до технологічних властивостей інуліну відносять [203] :

- здатність замінювати жир. Інулін має здатність фіксувати воду, утворюючи кремоподібний гель. Отриманий гель має текстуру жиру, і здатний імітувати властиві жиру смакові відчуття;
- легкість в застосуванні. Використання інуліномісткої сировини не вимагає істотних змін технологічного процесу;
- поліпшення органолептичних та фізико-хімічних характеристик готової продукції при оптимальному дозуванні інуліномісткої сировини;
- висока розчинність і термостабільність;
- НМ Інулін не кристалізується, не випадає в осад і не залишає в роті сухого відчуття. Відомо також, що інулін стійкий до впливу високої температури;
- відчуття насолоди при споживанні продуктів, що містять інулін. Дана властивість дозволяє застосовувати інуліномістку сировину в якості замітника цукру при розробці функціональних продуктів зі зниженою кількістю сахарози, при цьому поліпшуються і органолептичні характеристики виробів;
- гідрофільна здатність інуліну, яка характерна для харчових волокон, призводить до збільшення рецептурної кількості води і виходу виробу. При цьому, дана властивість інулінмісткої сировини сприяє отриманню борошняних напівфабрикатів з підвищеною газоутримуючої здатністю, що позитивно впливає на якісні характеристики готових продуктів. Гідрофільна здатність

дозволяє також контролювати активність води в харчових продуктах, в результаті чого поліпшуються їх якісні характеристики при зберіганні.

І хоча функціональні та технологічні властивості інуліну мають суттєве значення при виготовленні різноманітної харчової продукції [204, 205], головним чином інулін використовують в якості дієтичної добавки.

Аналіз літератури свідчить про те, що найчастіше він випускається у виді монопродукту – дієтичної добавки [207- 209], або навіть в якості багатої на інулін рослинної сировини. Так, Archon Vitamin Corporation (США) випускає дієтичну добавку «Реп'яшник», до складу якої входять порошок кореню лопуха[210]. Мак-Вар дієтична добавка компанії Екопродукт, до складу якої входить порошок із бульб топінамбуру [211].

Ще одна напрям дієтичних добавок за участі інуліну –це його комбінації з пробіотиками. Наприклад, Актівіт – це суміш 5 пробіотиків і інуліну [212]. Ротабіотик це комбінований синбіотик, до складу якого входять пробіотичні живі ліофілізовані лакто- і біфідобактерії (*Lactobaccillus bulgaricus*, *Lactobaccillus acidophilus*, *Bifidobacterium spp.*, а *Streptococcus thermophilus*) та пребіотик інулін [213]. Схожий склад і дію має швейцарська біодобавка Turbiotic [214].

Біодобавка ТМ "Аптека природи" «Інулін плюс №» крім інуліну містить лактулозу [215] і направлена на покращення роботи шлунково-кишкового тракту.

Розроблена дієтична добавка «Діабетвелл» антидіабетичного призначення, склад якої інулін, сухий екстракт листя портулака городнього, допоміжні компоненти (мальтодекстрин, діоксид кремнію), желатин (капсула) [216].

Біодобавка «Зелені манни» загальнозміцнюючої дії компанії Апіпродукт містить квітковий пилок, спіруліну, інулін та еламін [217].

До складу деяких біодобавок замість інуліну входить порошок із коріння інуліномістких рослин. Так дієтична добавка «Здорова печінка» містить : наповнювач карбонат кальцію, екстракти лікарських рослин (сухі): плоди

расторопші пятнистої, корзинки артишоку, коріння кульбаби, лист м'яти перцевої, вітамін Е, вітамін А, натрій селеністокислий [218].

Дієтична добавка ФІТОІНУЛІН містить екстракти коріння оману, топінамбуру, фасолі, листя чорниці, хелатні комплекси цинку, кобальту, хрому з гліцином. Вважається, що дана добавка нормалізує вуглеводний, ліпідний, водно-сольовий обмін; попереджає ускладнення при цукровому діабеті, чинить детоксикаційну дію; зменшує тягу до солодкого [219].

SIMPLIC Польща - високобілкова дієтична добавка в вигляді порошку для приготування коктейля, особливо рекомендується людям, що намагаються схуднути. Продукт збагачений інуліном із цикорію і порошком фігової опунції, які сприяють контролю ваги, зменшенню апетиту [220].

Ні в одній із вищевказаних дієтичних добавок не використовується ВМІ, тому їх дія обмежується пребіотичною, а лікувально профілактична обумовлена тільки рослинною сировиною, яку в них використовують. Використання в складі добавок ВМІ, який має пролонгуючу та підсилюючу дію у відношенні до лікарських засобів, міг би значно розширити спектр їх застосування та посилити їх дію.

## Висновки

1. Світовий ринок дієтичних добавок на основі інуліну постійно зростає, однак основні маркування, з якими використовують фруктани в ДД та оздоровчому харчуванні - це харчові волокна, пребіотики, продукція з низьким глікемічним індексом.

2. Низькомолекулярний інулін та олігофруктоза мають пребіотичну дію та можуть використовуватись як ДВ. Із збільшенням ММ інуліну, посилюється його пребіотична дія та з'являються: здатність знижувати рівень цукру та холестерину в крові, імуномодельюча і антикоагулянтна дія, покращення засвоєння мікро та макроелементів.



3. Спільна активність ензимів ФФТ і ФЕГ забезпечує молекулярно-масовий розподіл і фракційний склад інулінів із різних інуліноносних рослин.

4. Практично всі описані в літературі способи одержання інуліну із рослинної сировини не враховують високу здатність ВМ інуліну знижувати свою початкову ММ під дією довготривалого процесу виділення (кислих (слабокислих) та лужних (слаболужних) середовищ при підвищених температурах (екстрагування водою при  $\text{pH} \approx 6$ ,  $T \approx 80^\circ\text{C}$ , при одержанні застосовуються катіонітно-аніонітна очистка при  $\text{pH} 2, 12$ ,  $T=90^\circ\text{C}$ , довготривале випарювання  $T \sim 40-60^\circ\text{C}$ ) та передбачають висушування інулінвмісної сировини перед переробкою, що практично унеможливорює виділення ВМФ.

5. ВМФ із ССП  $\approx 25$  практично відсутні на світовому ринку. Цим пояснюється відсутність ДД на основі ВМФ лікувально профілактичної дії, а існуючі мають лише пребіотичну дію та властивості ДВ.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Визначені основні напрямки проведення експериментальних та наукових досліджень, розроблена програма їх реалізації, встановлені методологічний підхід і етапи проведення досліджень, спрямованих на розробку технологій комплексної переробки фруктанвмісної сировини з метою одержання дієтичних добавок на основі фруктанів та продуктів харчування із відходів їх виробництва. Схема основних напрямків та етапів аналітичних і експериментальних досліджень наведена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Комплексна програма досліджень.

## **2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень.**

Ґідротермічні умови 2012 року на Київщині, в рік проведення одночасного вирощування фруктанвмісних культур, характеризувались холодною і сніжною зимою. Температура повітря у лютому була нижче за  $-5^{\circ}\text{C}$ , кількість опадів становила 31,8 мм. Весна була ранньою і дощовою: у березні температура була нижчою за  $5^{\circ}\text{C}$ , в квітні вищою за  $10^{\circ}\text{C}$  (вище норми на 15%), і в травні вище за  $15^{\circ}\text{C}$  (вище норми на 17%). Сума опадів за весняний період становила 162,6 мм. Температура влітку в середньому становила  $20-24^{\circ}\text{C}$ . опади перевищували за норму у червні та серпні місяцях на 70-75%. Проте, такі умови були сприятливими для розвитку рослин та отримання двох врожаїв. Осінь була теплою і лише у листопаді середньодобова температура була трохи меншою за  $5^{\circ}\text{C}$ , що сприяло дозріванню насіння.

## **2.2. Об'єкти та предмети досліджень.**

*Об'єкт досліджень:* технології отримання високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі.

*Предмети досліджень:* топінамбур, цикорій, оман, кульбаба, лопух, скорцонера, процеси екстрагування, соковиділення, очистки, осадження та сушіння, інуліни із середнім ступенем полімеризації 20 і вище, їх фізико-хімічні властивості, дієтичні добавки, а також науково обґрунтовані дози для оптимального харчування.

Клітинний сік рослинної сировини в лабораторних умовах отримували шляхом подрібнення коренеплодів та бульб і віджиманні мезги за допомогою ґвинтового преса, або на соковижималці типу СВШПП-302.

Суспензії низько – та високомолекулярного інулінів отримували за допомогою морозильної камери при температурі  $-15-20^{\circ}\text{C}$  та холодильника при  $t 5^{\circ}\text{C}$ .

Порошки низько – та високомолекулярного інулінів отримували шляхом фільтрування суспензій на воронці Бюхнера з подальшим висушуванням відфільтрованого осаду в сушильній шафі при температурі 40°C та шляхом осадження інуліну із соку етиловим спиртом з подальшим фільтруванням і висушуванням осаду.

Під час проведення досліджень в промислових умовах використовували заводські інулінвмісну сировину, соки, суспензії та висушені порошки.

### **2.3. Методи досліджень та визначення основних показників фруктанового виробництва**

Експериментальна частина роботи виконувалась у лабораторіях: в лабораторії відділу технології цукристих речовин та інгредієнтів Інституту продовольчих ресурсів НААН України, органічної хімії, теплотехніки в проблемній науково-дослідній лабораторії Національного університету харчових технологій та в лабораторно-експериментальному комплексі компанії «SENSUS» м. Розендааль, Нідерланди.

Виробничі випробування розроблених технологій та обладнання здійснювались на 2-му ім. Петровського цукровому заводі, смт Олександрівка Кіровоградської обл., на заводі продтоварів с. Сунки Смілянського р-ну, Черкаської обл., на виробничій базі МП ТОВ «Інулін,лtd» м.Київ та впроваджені у виробництво і виробляються ТОВ «НВП Інулан,лtd» м.Київ.

Для визначення урожайності інулінвмісної сировини в різні терміни вегетації, на експериментальних ділянках вибирали площу розміром 2X5 м, що відповідно становило 10м<sup>2</sup> площі, з якої викопували всі бульби, чи корені вирощуваної сировини. Бульби чи корені мили, висушували та зважували. Вага сировини з даної площі, помножена на 1000, давала урожайність дослідної культури з га.

Після визначення урожайності, у цій же пробі визначали вміст ВМ інуліну. Для цього середню пробу 10кг митої сировини, подрібнювали та за

допомогою ручного преса одержували сік. Ретельно перемішували та відбирали 100мл соку. Вимірювали рН, якщо його значення було нижче 7-ми одиниць, піднімали значення рН 0,1 нормальним розчином NaOH. Змішували з етиловим спиртом у співвідношенні 1: 1, витримували 20 хв для повного осадження ВМ інуліну. Одержаний осад відфільтровували на воронці Бюхнера. Одержаний корж ВМ інуліну висушували в сушильній шафі при температурі 60°C. Висушений зразок зважували. Відсоток вмісту інуліну розраховували за формулою:

$$\text{Вих.}\% = V_c \times P_i - k, \quad (1)$$

Де  $V_c$  – коефіцієнт виходу соку;

$P_i$  – вага дослідного зразка;

$k$  – відсоток вмісту домішок у зразку, в середньому приймали 0,5%.

Для визначення фракційного складу інуліну використовували рідинну хроматографію високого тиску, так як відомі до цього методи не дають змоги абсолютно точно визначити кількісний склад суміші полімер гомологів інуліну. За їх допомоги можна з невеликою точністю  $\pm 20-30\%$  визначити групи інулінів, які знаходяться у суміші, де в кожній із визначених груп, будуть знаходитись інуліни із різницею в ступенях полімеризації  $\pm 5-10$  одиниць, в залежності від обраного методу визначення. Такі методики прийнятні у використанні для визначення кількісного та якісного складу продуктів в умовах виробництва, але мало задовольняють вимоги сьогодення при проведенні наукових досліджень, та для розробки науково обґрунтованих технологічних прийомів виділення інуліну.

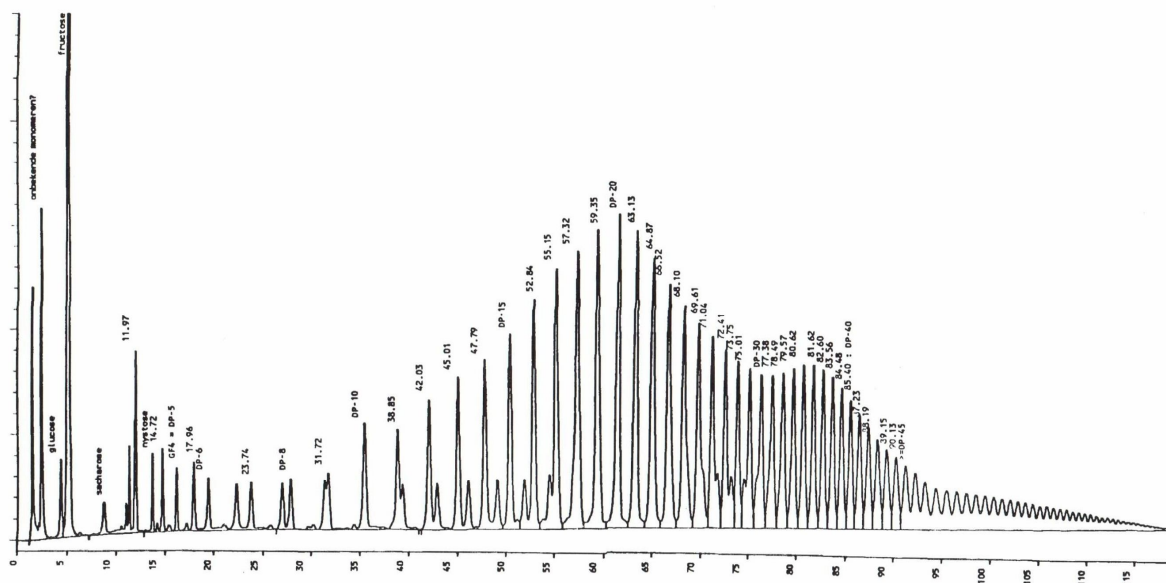


Рис.2.2. Зразок рідинної хроматографії, виконаної за допомогою приладу DIONEX.

З появою наприкінці ХХст. методу HPLC (рідинна хроматографія високого тиску), який проводять на приладі DIONEX, дала змогу визначати кількісний та якісний склад будь-якої суміші полімер гомологів фруктанів. На сьогодні розроблені комп'ютерні бібліотеки, які дозволяють миттєво ідентифікувати моно, ди, три та поліфруктани до ступеня полімеризації 80 та статистично обробити результати аналізу, з визначенням процентного співвідношення полімер гомологів фруктанів із СП  $\pm 1$  у суміші. На рис.2.2. приведено зразок гельхроматограми, одержаної за допомогою прибора DIONEX. Кожен пік хроматограми вказує на наявність в зразку, який аналізується, фруктану із визначеним ступенем полімеризації, а площа піку віднесена до площі всіх піків хроматограми, вказує на процентний вміст данної фракції інуліну в зразку. Перший пік хроматограми показує вміст речовин білкової природи, другий наявність у зразку фруктози, третій – глюкози, четвертий – цукрози, п'ятий – трицукрів і подальші шостий вказує на наявність інуліну із СП 4, сьомий - СП 5 і т.д. до кінцевого позначеного піка, який на приведеній хроматограмі відповідає СП інуліну 45одиниць. Наявність

маленького піка у підніжжя великого, вказує на присутність у ланцюгу даної молекули інуліну глікозидного залишку.

Аналізи за допомогою DIONEX відмінні від інших високою точністю, а похибка складає до  $\pm 3\%$ .

Для визначення кількісного та якісного складу фруктанів у продуктах інулінового виробництва, використовували комбінований метод гель-хроматографії та фотоколориметрії. Зразок інуліну, одержаний спиртовим осадженням, розчиняють в воді до  $CP=5\%$  і фракціонують на гель-хроматографічній колоні діаметром 22 мм, заповненій зшитим декстраном-сефадексом марки G-50, при висоті шару 30 см. Проби відбирають по 3 мл, після чого всі фракції піддаються реакції Селіванова на фруктозу і на приборі КФК-2 при довжині хвилі 670 нм в кюветах 5 мм визначають інтенсивність забарвленості. По отриманим даним будують залежність «об'єм елюату - оптична густина».

Сама по собі гель-хроматограма не дає уяви про молекулярну масу і процентне співвідношення фракцій. По ній можна судити лише про кількість полімергомологів інуліну у суміші. Для того, щоб визначити процентне співвідношення фракцій, будують калібровочну криву залежності оптична густина по реакції Селіванова – концентрація фруктози наступним чином:

Наважку фруктози 1,00 г розчиняли в 100 мл води і шляхом послідовного розбавлення одержують 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 та 0,5% розчини фруктози. Після проведення реакції Селіванова з цими розчинами будували залежність «оптична густина – концентрація фруктози». Процентне співвідношення фракцій зразка інуліну можна визначити шляхом накладення гель-хроматограми і калібровочної кривої.

Для визначення молекулярної маси будували зразкову гель-хроматограму суміші інулінів з відомими молекулярними масами. При накладенні зразкової та експериментальної гель-хроматограм можна визначити наявність в дослідному зразку фракцій з визначеною молекулярною масою.

Визначення мікроелементного складу ВМ інуліну проводились за допомогою автоматизованого комплексу «ЭЖОВЬЮ - 1.0».

Комплекс призначений для визначення техногенних забруднювачів в організмі людини, біопробах, продуктах харчування, питній воді.

Для проведення аналізу готувалися таблетки зразків за допомогою ручного лабораторного таблетувального преса вагою 0,5 г та діаметром 10 мм.

Комплекс дозволяє проводити рентгено-флуоресцентний аналіз біологічних, твердих, рідких, сипучих, а також нанесених на поверхні та осаджених на фільтри проб на вміст хімічних елементів від Al (атомний номер 13) до Pu (атомний номер 94) в широкому діапазоні концентрацій.

Межі визначення більшості елементів в пробах складають від 0,5 до 10 мкг/г (0,00005 - 0,001 мас. долей в %). Виключення складають групи елементів, легших за кальцій (атомний номер < 20 ) та від Mo (атомний номер 42) до Sb (атомний номер 51), для яких межі визначення складають величину близько 0,005 %.

Дослідження термостабільності ВМ інуліну проводились методом термогравіметрії на приладі марки PERKIN-ELMER 7-ї системи. Прилад дозволяє вимірювати зміну ваги дослідного зразка при динамічному підвищенні температури від 20°C до 130°C. Точність вимірювання температурних та вагових параметрів складає 0,01%.

Дослідження просторової будови та ступеня гідратації молекул та глобул проводили за допомогою методу електронної фотографії. Метод дозволяє одержувати фотознімки поверхні зразків із збільшенням до 500 разів. В даній роботі використане збільшення у 250-400 разів.

Для визначення складу та фізико-хімічних властивостей продуктів у процесі дослідження технологічних показників соків проводили аналізи згідно загальних прийнятих методик: вміст СР (СР) – рефрактометрами лабораторним РПЛ-3, прецизійним РПЛ-1, та універсальним УРЛ-1; кольоровість визначали колориметром КФК-3 при довжині хвилі 540 нм ; рН20 – іонометром Эв-74



та рН-150; Температуру контролювали за допомогою ртутного термометра Вemerüles-125 з точністю до  $\pm 0,2$  °С.

#### **2.4. Методи медико-біологічних досліджень.**

Для діагностики уражень серцево-судинної системи застосовувались: ЕКГ, полікардіографія, реовізографія, капіляроскопія, показники реограми, ангиографія сітчатки.

Про стан ліпідного обміну судили по визначенню вмісту тригліцеридів, В-ліпопротеїдів, загальних ліпідів, холестерину в крові.

Визначення проведені за допомогою набору хімічних реактивів фірми Біо-Ло-Тест (Чехія).

Принцип методу полягає в тому, що ненасичені ліпіди, жирні кислоти після обробки сірчаною кислотою взаємодіють з фосфованіліновим реактивом із утворенням забарвлених реактивів. Оптичну густину вимірювали при 530 нм. Холестерин визначали по Ільку.

Визначення креатину, сечовини в крові і сечі пацієнтів проводили фотометричним методом за допомогою реактивів Біо-Ла-Тесте (ЧССР).

Визначення білка в крові і сечі проводили фотометричним методом, що базується на вимірюванні оптичної густини забарвлених продуктів реакції (метод Лоурі).

Вимірювання вмісту загального білка в сироватці відбувається при зменшенні процесів синтезу білку, посиленні розпаду і втраті білка.

В даних дослідженнях застосовували електрофорез на папері. Оцінка результатів проводилася фотометричним методом після елюювання окремих фракцій білків. В результаті були отримані 5 фракцій (альбумін,  $\alpha_2$ -глобулін,  $\beta$ -глобулін,  $\gamma$ -глобулін).

Загальний клінічний аналіз крові включав визначення концентрації гемоглобіну, швидкості седиментації еритроцитів (ШСЕ), підрахунок кількості клітин, визначення кольорового показника, вивчення морфології клітин

*(Руководство по клинической и лабораторной диагностике под ред. М.А.Базарновой, 1988).*

Глюкозу крові і сечі визначали ферментативним глюкозооксидазним методом.

Вміст ацетону в сечі визначали індикаторними смужками «Кето-фан» (Чехія).

*Метод визначення клітинного імунітету.*

Для виділення лімфоцитів із крові використовували модифікований метод А. Водіт, для чого до градієнту фіколлверографін густиною 1.082 г/см, що містив 10 мМ ЕДТА, додавали кров, наполовину розведена середовищем 199 на розчині Хенкса, центрифугували 30 хв при 400 об. Отримані з інтерфазної поверхні клітини відмивали середовищем 199 і потім використовували для визначення Т- і В-лімфоцитів.

Вміст Т-лімфоцитів виявляли за допомогою цитотоксичного тесту з кроликовою антимишачою сироваткою по методу Е Солив. Число лімфоцитів визначали в реакції ЕАС-розеткоутворення з бичачими еритроцитами.

Визначення Т- і В-клітин дозволяють визначати стан імунологічної специфічної активності організму, характеризує стан клітинного імунітету. Про функціональний стан Т-лімфоцитів судили по активності Т-клітин після інкубації їх з теофіліном на протязі 2-х годин, після чого проводили підрахунок. Для кількісної оцінки субпопуляцій теофілінчутливих розеток Т-лімфоцитів крові пацюків (Т-супрессори і % супресії) використовували метод ЕА (IgG).

*Характеристика методу гістологічного дослідження внутрішніх органів і тканин експериментальних тварин.*

Для гістологічного дослідження печінку, нирку, міокард, скелетний м'яз, товстий и тонкий кишечник, шлунок, надниркову залозу, легені фіксували в 10% розчині нейтрального формаліну.

Підшлункову залозу, щитовидну залозу і кору головного мозку фіксували в рідині Буена.

Матеріал обезводнювали в спиртах і заливали в парафін. Парафінові зрізи товщиною 5-6 мкм забарвлювали гематоксиліном і еозином. Крім того, підшлункову залозу забарвлювали альдегідфуксином, кору головного мозку - тіоніном по Ніслю, в печінці визначали глікоген за допомогою ШИК-реакції з контролем з амілазою.

## **2.5. Оцінка точності експерименту.**

Точність отриманих результатів з врахуванням усіх факторів, які мали місце в досліджах, визначається точністю використовуваних приладів та методик досліджень і способами обробки та узагальнення накопичених експериментальних даних [221]. Але одержані результати завжди містять певну помилку. На кожний результат експерименту діють різноманітні випадкові невраховані фактори. Це означає, що реальний результат спостереження завжди є випадковою величиною, яка відрізняється від істинного значення. У більшості приладів і методик, які ми використовували для визначення величин вмісту СР, НМ та ВМ інуліну, рН<sub>20</sub>, кольоровості, та ін., похибка результатів вимірювання коливалась в межах не більше 3 % (помилка спостереження).

На відтворюваність результатів вимірювань тих чи інших показників в технологічних дослідженнях значний вплив має їх тривалість [222]. В наших дослідженнях тривалість окремих дослідів визначалась, виходячи з тривалості процесу, що досліджується у виробничих умовах. Це давало можливість звести до мінімуму вплив додаткових фізико-хімічних процесів, які неминуче проходять у напівпродуктах виробництва з часом. Громіздкість експериментальних досліджень і труднощі з дотриманням однакових вихідних умов дослідів вимагають збалансованого підходу до їх кількості і точності [223].

Під час звичайних досліджень технологічних процесів приймають довірчий ймовірність у межах  $p=0,80 - 0,95$ . Для підвищення надійності дослідів потрібно збільшити кількість повторних досліджень.

Кількість повторних досліджень, необхідних для забезпечення заданої точності досліджень  $\varepsilon$ , за прийнятої довірчої ймовірності  $p$ , можна знайти за рівнянням:

$$n = \frac{t_a^2 \sigma^2}{\varepsilon^2}, \quad (2)$$

де  $t_a$  – критерій Ст'юдента;  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення генеральної сукупності.

Якщо  $\sigma$  невідоме, то використовують результати попередньо проведеної серії досліджень

$$n = \frac{t_a^2 S^2}{\varepsilon^2}, \quad (3)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2, \quad (4)$$

де  $\bar{y}$ ,  $y_i$  – середнє і поточне значення параметру, що вимірюється.

Кількісне дублювання дослідів при визначенні впливу різних факторів для кожної з методик визначали за методами планування експериментів, виходячи з вибраної наперед точності кінцевих результатів досліджень і дублювання окремих показників у попередніх дослідах.

У дисертаційній роботі наведені середньостатичні дані експериментів, середньоквадратичні відхилення яких розраховані за методикою наведеною в [127,128] і становлять для: чистоти – 0,15 %; кольоровості – 2,5 %; білкових сполук – 0,04 %; швидкості седиментації – 0,3 %, вмісту зв'язаної води – 2 %,

## **Висновки**

1. Для проведення науково-дослідних робіт по розробці технологій одержання інуліну із рослинної сировини, нами вибрані: для визначення вуглеводного складу метод HPLC (рідинна хроматографія високого тиску), який проводять на приборі DIONEX, для визначення кристалічності рентгено-

структурний метод аналізу, мікроелементний склад кінцевого продукту визначали за допомогою автоматизованого комплексу «ЭКОВЬЮ - 1.0». Дослідження просторової будови та ступеня гідратації молекул та глобул - метод електронної фотографії.

2. Для аналізу продуктів в процесі виробництва ВМ інуліну, та для проведення досліджень, які не вимагають абсолютного точного визначення молекулярно-масового розподілу зразків ВМІ, використовували комбінований метод гель-хроматографії та фотоколориметрії для визначення кількісного та якісного складу фруктанів.

РОЗДІЛ 3  
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ СТАДІЙ ВИДІЛЕННЯ ФРУКТАНІВ ІЗ  
ІНУЛІНВМІСНОЇ СИРОВИНИ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
ІНУЛІНІВ ІЗ РІЗНОЮ МОЛЕКУЛЯРНОЮ МАСОЮ

**3.1. Визначення впливу терміну зберігання рослинної сировини на вихід  
інуліну**

Для визначення максимально можливого терміну зберігання сировини були поставлені наступні експерименти [224,225].

Сировину (коріння та бульби) закладували на зберігання в кагат. Середню пробу (1 кг) відбирали кожен п'ятий день, протягом тридцяти діб. У відібраних зразках визначали: вихід соку, сухі речовини соку і вихід ВМ інуліну, та за допомогою рідинної гел'єхроматографії аналізували кількісний і якісний склад інулінів, одержаних із свіжої сировини та із сировини після 30-ти діб зберігання.

Аналізувалися бульби топінамбуру, коріння цикорію, лопуха, кульбаби та скорцонери. Дані досліджень приведені у табл. 3.1 - 3.5.

Табл. 3.1.

Вихід соку, інуліну та сухі речовини соку топінамбуру протягом  
зберігання.

Дні	Вихід соку, %	СР соку	Вихід інуліну, %	Індекс 1	Індекс 2
1	47	24	10,2	96,8	58,5
5	44	23	9,3	95,7	51,3
10	35	24	7,5	94,3	33,2
15	30	27	4,0	91,2	24,5
20	-	-	-	-	-

З приведених даних можна сказати, що різні рослини-інуліноноси по різному відносяться до довготривалого зберігання в умовах кагатування. Так, топінамбур вже на десятий день зберігання у кагаті при середній добовій температурі 17°C починає гнити і на бульбах починають інтенсивно розвиватися плісневі грибки, внаслідок чого, вже після п'ятнадцятого дня зберігання у таких умовах вміст ВМ інуліну наблизився до 30% його початкового вмісту, а після 30-ти днів стало неможливо виділити нормальний сік із-за високого відсотка підгнивших і повністю гнилих бульб.

Протягом 15-ти днів зберігання відбирали проби та аналізували. Результати приведені у табл 3.1. Із таблиці видно, що вже на 15-ту добу бульби топінамбуру втрачають більше половини високомолекулярного інуліну і його використання в якості сировини для одержання ВМ інуліну доцільне тільки у свіжому вигляді. Після тридцяти днів зберігання, бульби топінамбуру повністю втрачають вологу і загнивають.

Табл.3.2.

Вихід соку, інуліну та сухі речовини соку цикорію протягом зберігання.

Дні	Вихід соку, %	СР соку	Вихід інуліну, %	Індекс 1	Індекс 2
1	45	27	11,3	98,2	77,5
5	44	27	11,1	97,7	75,3
10	44	27	10,7	96,3	74,2
15	43	26	10,2	95,7	71,5
20	42	26	10,1	95,0	68,3
25	42	26	9,9	94,7	64,5
30	41	26	9,3	94,5	63,3

У випадках із кульбабою, скорцонерою та цикорієм спостерігалась інша картина (табл.3.2, 3.4, 3.5). Ці культури протягом зберігання не зазнали значної шкоди від гнійної мікрофлори та пліснявіння, практично зберегли вологу

коренів. Але вміст високомолекулярного інуліну із СП>15 у виділених зразках значно зменшився. У коріннях цикорію на 18,5%, скорцонери – на 10%, кульбаби – на 16,5%. Слід відмітити, що ці культури протягом перших 15-ти діб зберігання, практично не втрачають ВМ інулін. Тому можна сказати, що промислова переробка коренеплодів цих культур, з метою одержання ВМ інуліну з максимальним виходом, доцільна протягом 15-ти діб з моменту викопування.

Табл.3.3.

Вихід соку, інуліну та сухі речовини соку лопуха протягом зберігання.

Дні	Вихід соку, %	СРсоку	Вихід інуліну, %	Індекс 1	Індекс 2
1	42	29	13,4	99,5	79,5
5	42	29	13,2	99,1	79,3
10	42	29	13,0	98,8	79,2
15	41	28	12,5	98,8	78,8
20	41	28	12,2	98,6	78,8
25	41	28	11,8	98,7	78,5
30	41	28	11,5	98,5	78,2

Табл.3.4.

Вихід соку, інуліну та сухі речовини соку кульбаби протягом зберігання.

Дні	Вихід соку, %	СР соку	Вихід інуліну, %	Індекс 1	Індекс 2
1	43	28	10,5	97,1	75,9
5	43	28	10,5	97,1	75,7
10	42	27	10,2	96,9	75,2
15	42	27	10,0	96,7	71,7



Продовження табл.3.4.

20	42	27	9,5	95,9	69,3
25	41	26	9,3	95,6	65,5
30	40	25	9,1	94,9	63,4

Лопух, у період зберігання, змін практично не зазнав. Вміст ВМ інуліну із СП>15 (табл.3.3.) зменшився лише на 2%. Корені не втратили початкову вологу, не зазнали гниття та пліснявіння. Тому корені лопуха можна переробляти на ВМ інулін протягом довгого часу.

Табл.3.5.

Вихід соку, інуліну та сухі речовини соку скорцонери протягом зберігання.

Дні	Вихід соку, %	СР соку	Вихід інуліну, %	Індекс 1	Індекс 2
1	45	27	11,7	96,8	71,9
5	45	27	11,7	96,8	71,8
10	45	27	11,5	96,5	71,5
15	44	26	11,4	96,3	70,9
20	44	26	10,9	95,9	69,7
25	44	26	10,7	95,7	65,5
30	45	25	10,3	95,0	64,7

Індекс 1 - Загальний вміст фруктанів у виділеному інуліні із ССП>3;

Індекс 2 – Загальний вміст ВМ інуліну у виділеному інуліні із ССП>15.

На рис.3.1. - 3.9. представлені рідинні хроматограми зразків інуліну, одержаного із свіжих топінамбуру, цикорію, лопуха, кульбаби і скорцонери, та із цих же культур, після 30-ти днів зберігання. Аналіз зразків проводився на приборі Dionex HPAEC-PAD. У випадку із топінамбуром гельхроматограма зразка інуліну після зберігання не приводиться, так як бульби цієї культури на 30-ту добу загинули і одержати зразок не було можливості.

На рис.3.1. приведена рідинна гельхроматограма зразка інуліну, одержаного із свіжого топінамбуру. З аналізу гельхроматограми можна зробити висновок, що середній ступінь полімеризації (СП) зразка  $\cong 26$ од., а вміст інуліну із СП $>30 = 43,3\%$ .

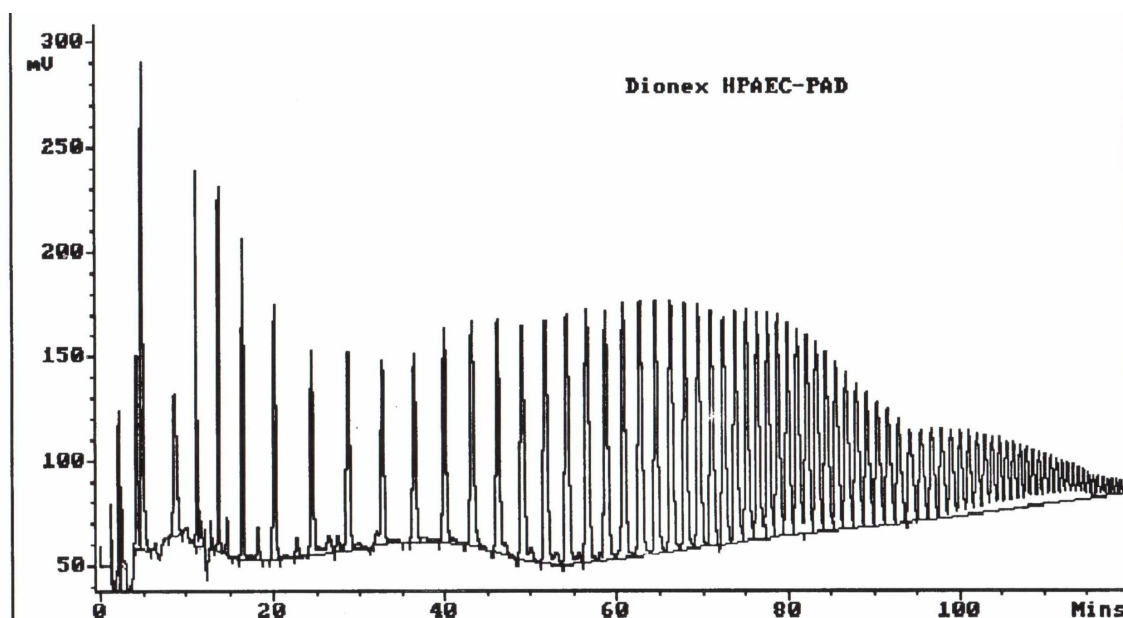


Рис.3.1. Гельхроматограма інуліну, одержаного із свіжого топінамбуру.

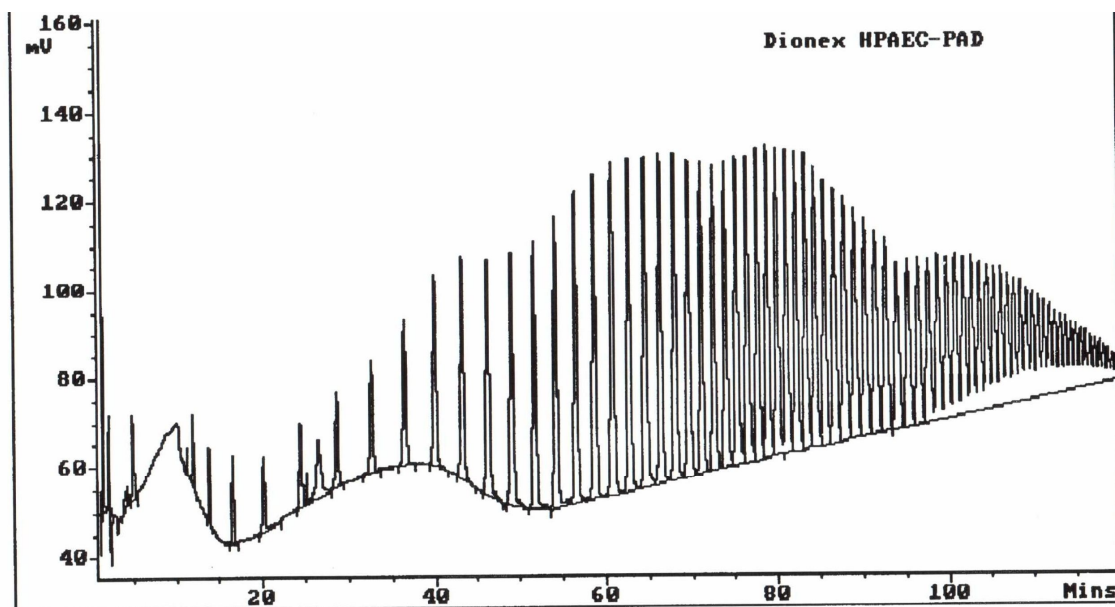


Рис.3.2. Гельхроматограма інуліну, одержаного із свіжого лопуха.

На рис.3.2., 3.3. приведені рідинні гельхроматограми зразків інуліну одержаного із свіжого та після 30-ти днів зберігання лопуха. Аналіз гельхроматограм показує, що хоча загальний вміст ВМ інуліну із СП>15 суттєво не змінився, значно зменшився вміст інуліну із середнім СП>30. Із початкового 58,2% до 32,2%, або зменшився на 44,7% у зразку, одержаному із коренів після 30-ти днів зберігання. Тому можна зробити висновок, що для отримання ВМ інуліну з максимальною молекулярною масою доцільно використовувати свіжовикопані корені лопуха.

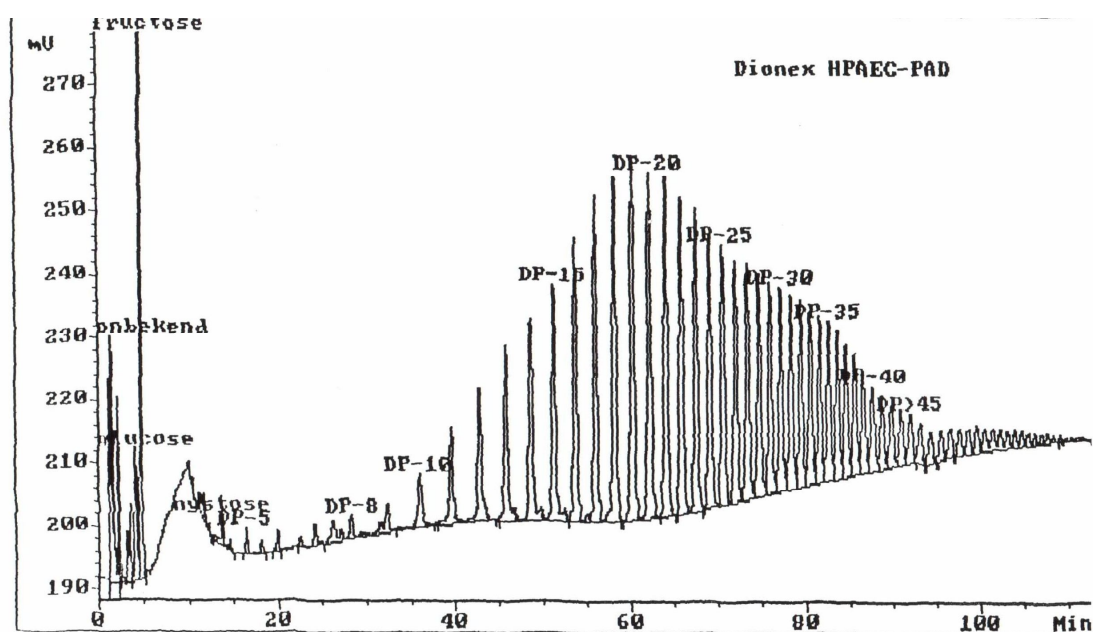


Рис.3.3. Гельхроматограма інуліну, одержаного із лопуха після 30-ти днів зберігання.

На рис.3.4.- 3.5., 3.6.-3.7., 3.8.-3.9. - приведені рідинні гельхроматограми зразків інулінів, одержаних із свіжих та після 30-ти днів зберігання коренів цикорію, кульбаби та скорцонери. За період зберігання ці культури показали майже аналогічні результати. Вміст ВМ інуліну із СП>30 у зразках із свіжої сировини: цикорій – 39,1%, кульбаба – 48,0%, скорцонера 29,5%. Після 30-ти днів, кількість ВМ інуліну із СП>30 зменшився у цикорію на 52,2% відносно початкової кількості, у скорцонери на 35,6% та у кульбаби на 58,7%. На відміну від лопуха, в коренях якого після 30-ти днів зберігання загальна кількість

інуліну із СП>30 не змінилась (табл.3.2., 3.4., 3.5.). Тому переробляти кульбабу, скорцонеру та цикорій слід не пізніше ніж через 10-15 діб після викопування із ґрунту.

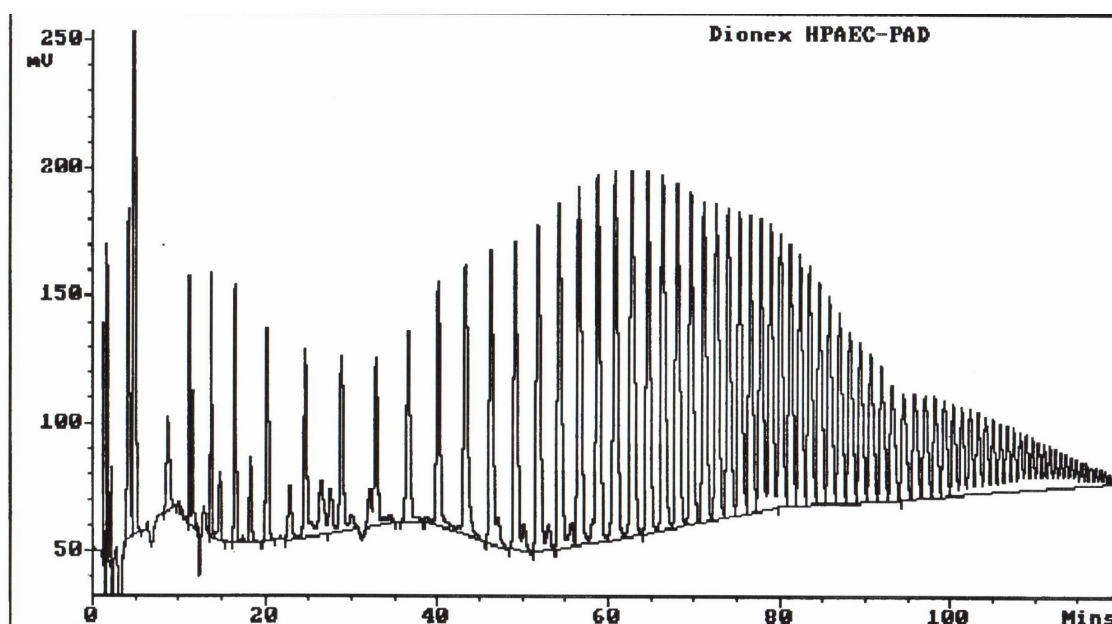


Рис.3.4. Гельхроматограма інуліну, одержаного із свіжого цикорію.

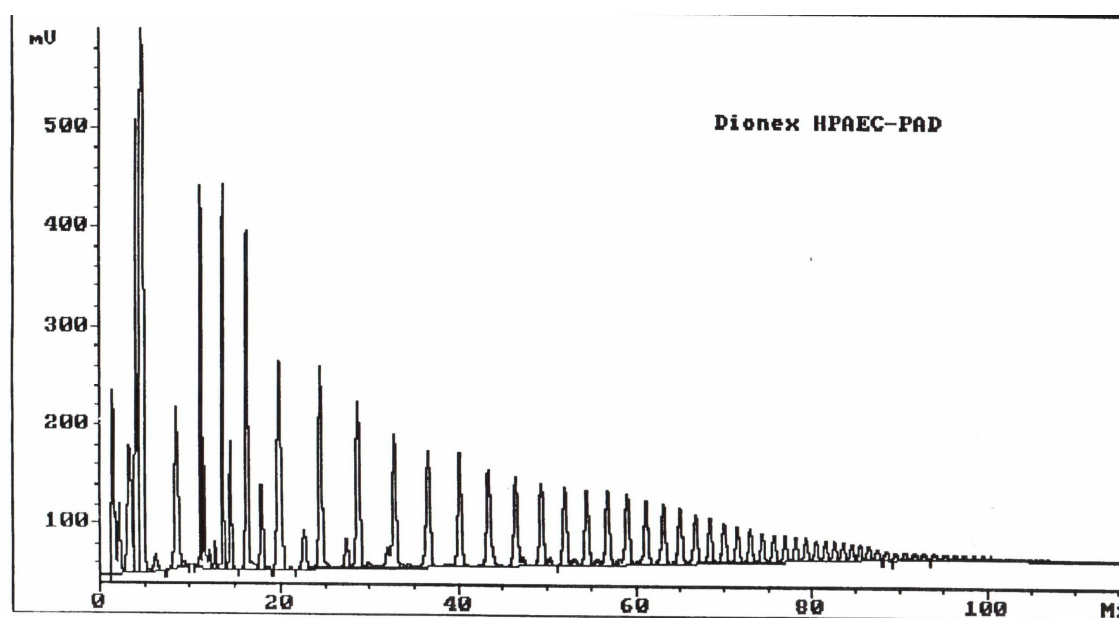


Рис.3.5. Гельхроматограма інуліну, одержаного із цикорію після 30-ти діб зберігання.

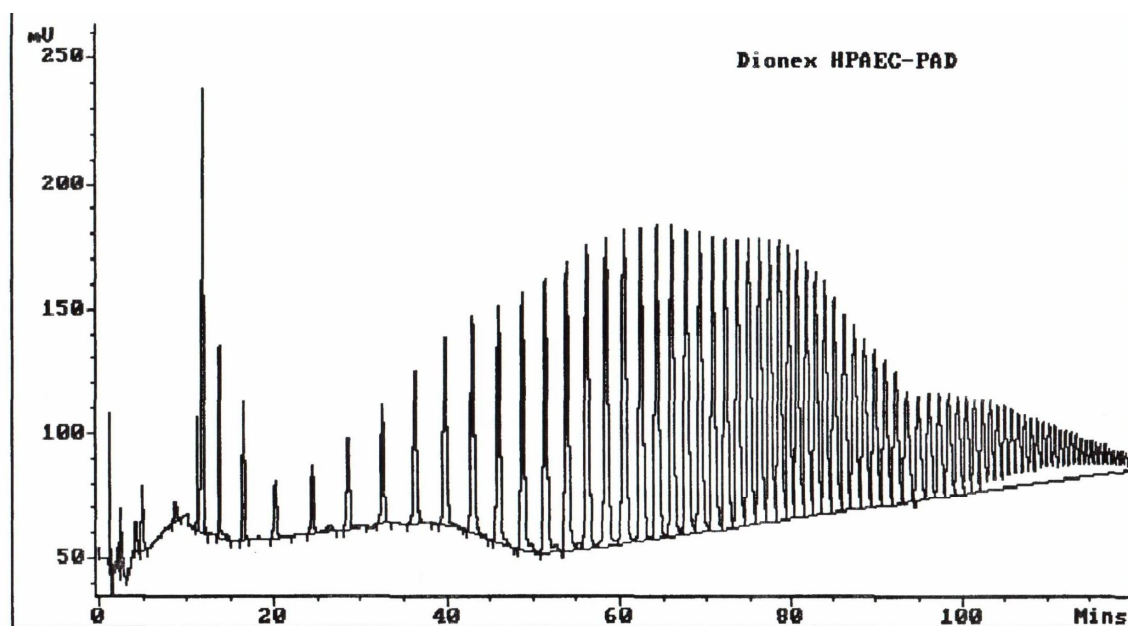


Рис.3.6. Гельхроматограма інулїну, одержаного із свіжої кульбаби.

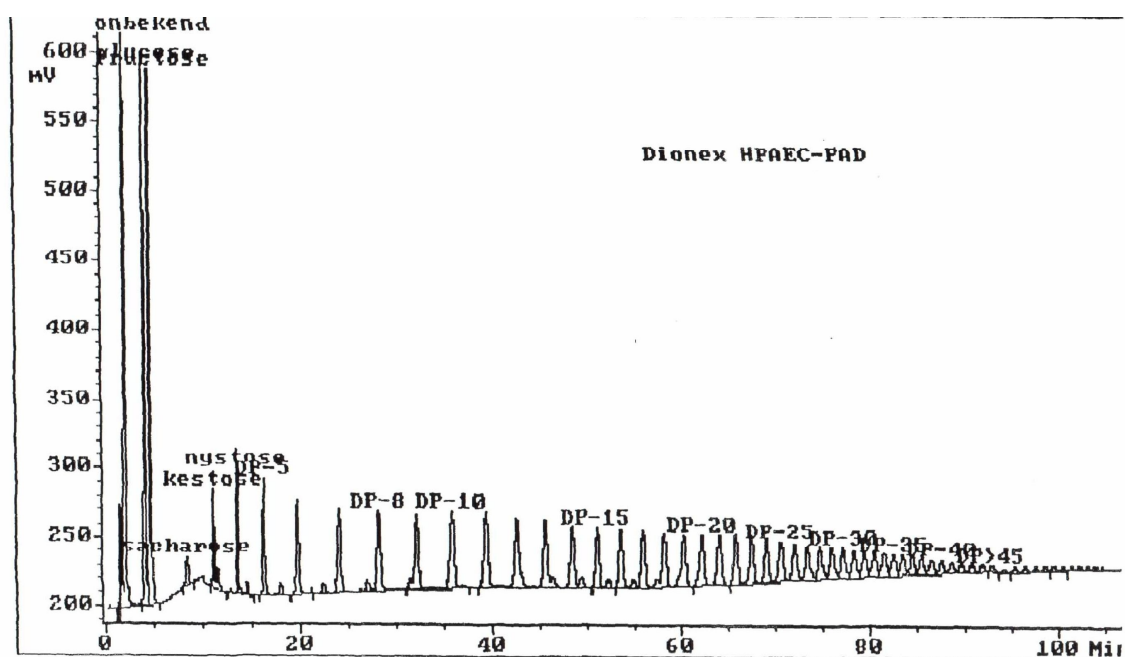


Рис.3.7. Гельхроматограма інулїну, одержаного із кульбаби після 30-ти дїб зберїгання.

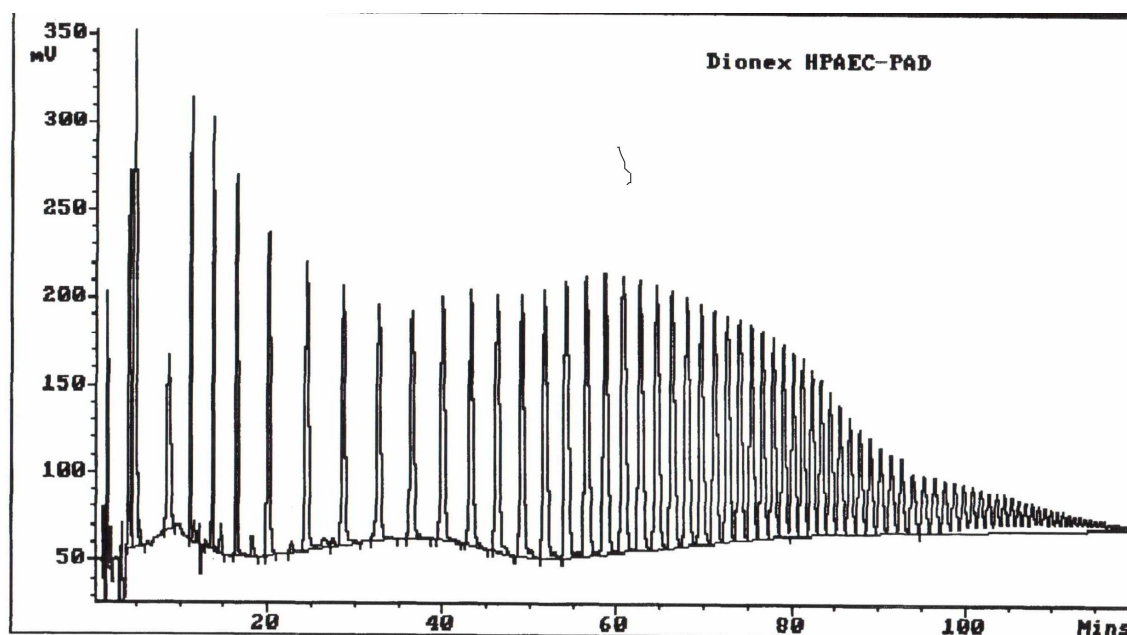


Рис.3.8. Гельхроматограма інуліну, одержаного із свіжої скорцонери.

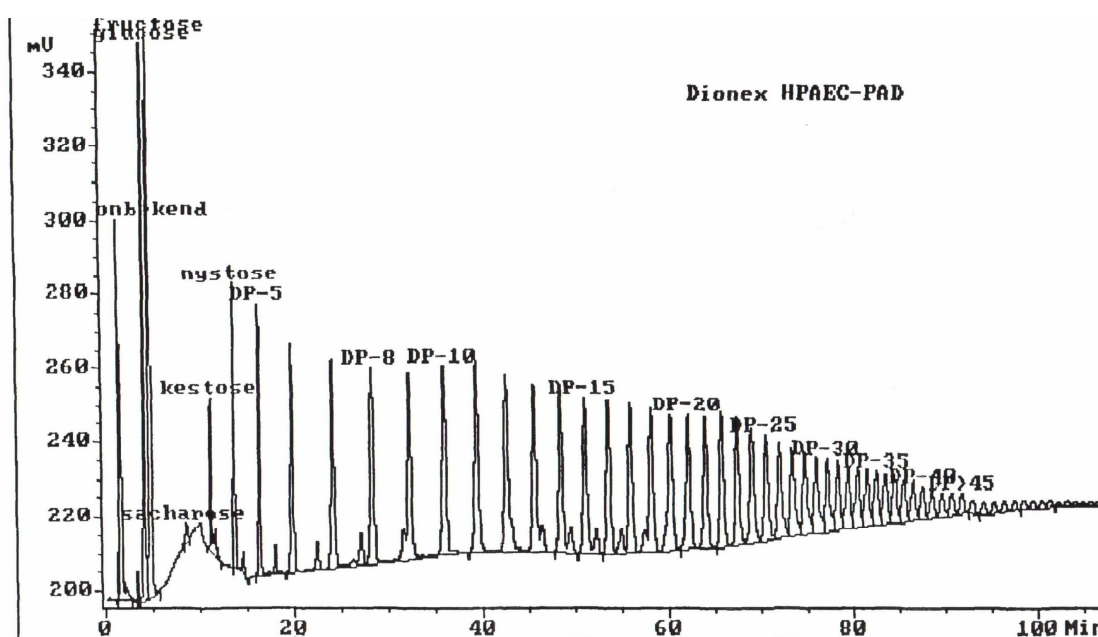


Рис 3.9. Гельхроматограма інуліну, одержаного із скорцонери після 30-ти діб зберігання.

### 3.2. Дослідження процесів подрібнення сировини та одержання соку

Виділення соку із рослинної сировини залежить від першопочаткової проникності протоплазми, цитоплазматичних мембран, клітинної стінки і їх здатності протистояти зовнішньому впливу в процесі попередньої обробки. Для

процесу одержання соку має значення також цитолого-анатомічна структура рослинної тканини і вміст пектинових речовин.

Відомо, що чим вище початкова клітинна проникність і чим більше зруйнована протоплазма і клітинна стінка в процесі впливу на рослинну тканину, тим більше вихід соку.

Основним методом впливу на рослинну тканину при виробництві соків є отримання стружки або подрібнення. Це обов'язкова операція при отриманні соку. Подрібнена маса має мати зернисту структуру, щоб забезпечити канали для витікання соку між окремими частинками. При надмірному подрібненні мезга буде являти собою суцільну масу, що значно ускладнить процес виділення соку. При крупному подрібненні частина клітин залишається цілою і вихід соку буде низьким [226].

Для відокремлення соку із підготовленої мезги бульб (коренів) застосовують різні методи: пресування, центригування та екстрагування.

Основними вимогами, що пред'являються до всіх способів виділення соку, є максимальний вихід соку з мінімальним вмістом зависей, збереження натуральних властивостей соку, швидкість і безперервність процесу, можливість механізації і автоматизації, висока економічність.

Основним завданням виділення фруктанів із рослинної сировини є максимальне збереження його молекулярної маси. З метою визначення впливу високих температур при екстрагуванні інуліну на фракційний склад інуліну, та вибору методу виділення фруктанового комплексу із сировини, нами були проведені експериментальні виділення фруктанів із коренів лопуха пресовим та екстракційним методами [227,228].

Дослідження проводились за наступними схемами:

**Екстракційний метод.** Брали 1кг коренів лопуха, нарізали пластинами розмірами 3x3x12-20мм, заливали водою у кількості 1300мл і при температурі +70°C проводили екстрагування протягом 30 хвилин. Екстракт відділяли на металевих ситах і фільтрували через фільтр-діагональ. Одержаний екстракт

охолоджували до  $+5^{\circ}\text{C}$  і видержували протягом 12-ти годин для осадження інуліну. Одержаний осад відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували при температурі  $+40^{\circ}\text{C}$  до моменту, коли маса його залишалася незмінною.

**Метод пресування.** Із 10-ти кг коренів лопуха за допомогою соковижималки одержували сік, охолоджували його до  $+5^{\circ}\text{C}$  і видержували протягом 12-ти годин. Одержаний осад відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували при температурі  $+40^{\circ}\text{C}$  до моменту, коли маса його залишалася незмінною.

Одержані таким чином зразки фруктанів, аналізували за допомогою рідинної гель хроматографії. На рис.3.10. та 3.11. приведені гельхроматограми одержаних зразків інулінів. Після статистичної обробки результатів були одержані процентні співвідношення фракцій інуліну у сумішах (табл.3.6).

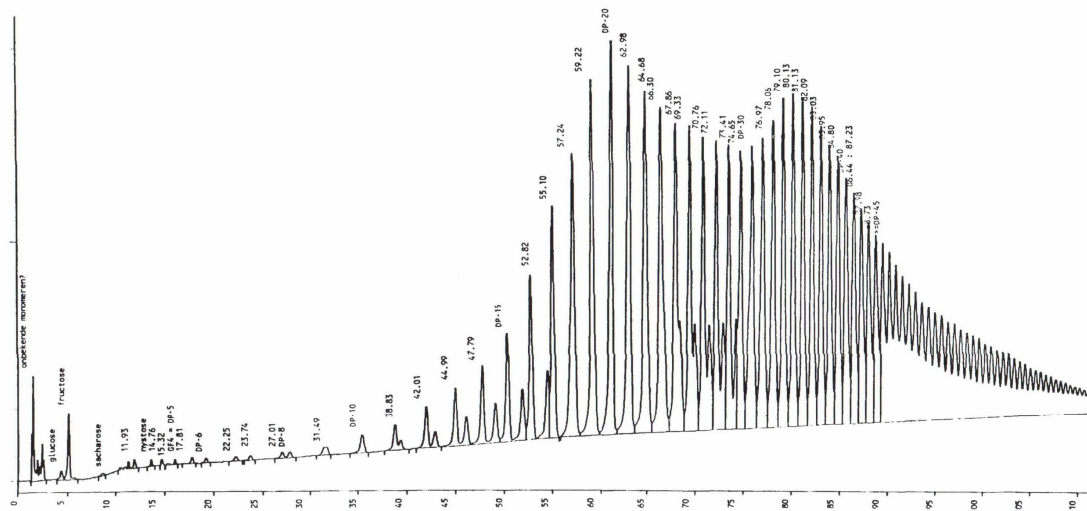


Рис.3.10. Гельхроматограма інуліну, одержаного пресовим методом.

Як видно із приведених результатів, застосування екстракції призводить до зниження максимальної молекулярної маси одержуваного інуліну, в даному випадку із 25,6% в інуліну, одержаного пресовим методом, до 19,9% в інуліну, одержаного методом екстракції. Також знизився і середній ступінь полімеризації із 34 до 30 одиниць. Тому для подальших досліджень був обраний пресовий метод виділення фруктанових комплексів із сировини.



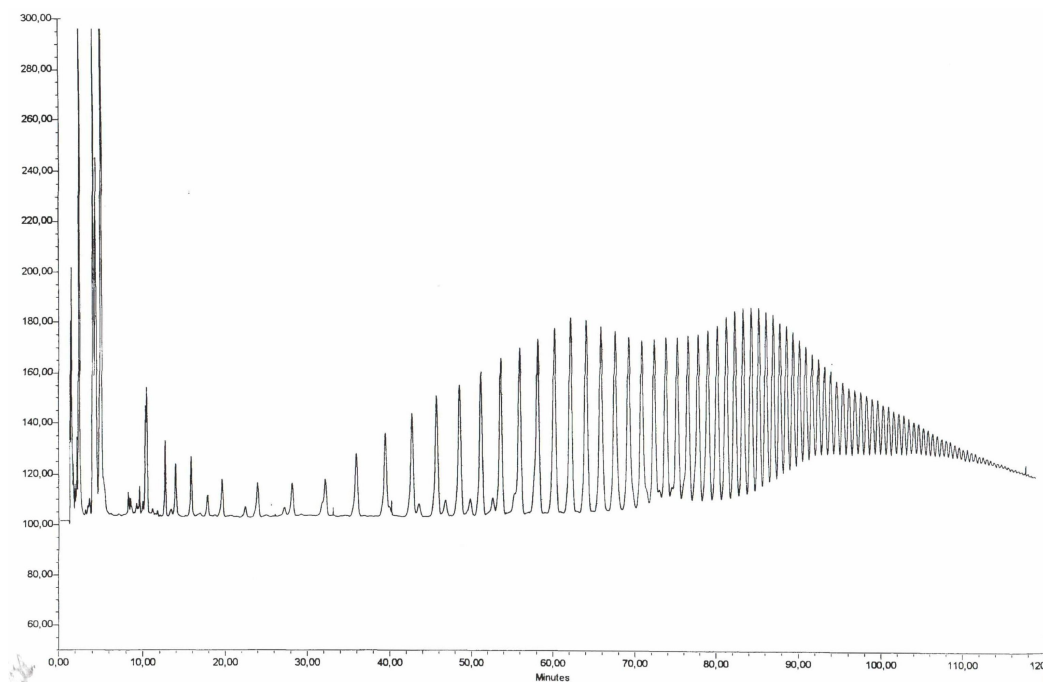


Рис.3.11. Гельхроматограма інуліну, одержаного методом екстракції.

Табл.3.6.

Фракційний склад зразків інуліну, одержаного різними методами.

Складові зразка	Вміст фракцій зразка, %	
	екстракція	пресування
ВМС	0,1	0,4
Глюкоза	0,7	0,1
Фруктоза	1,1	0,1
Цукроза	0,9	0,1
СП 3-9	3,0	0,3
СП 10-14	6,4	2,2
СП 15-19	10,8	9,5
СП 20-29	23,7	28,5
СП 30-39	22,6	24,4
СП 40-44	9,2	9,4
СП > 45	19,9	25,6
Середній СП	30	34

**Пресування** є основним методом виділення соку в промислових умовах. При пресуванні мезгу піддають впливу тиску, який постійно збільшується, що призводить до виділення соку.

Пресування іноді розглядають як процес розділення, при якому із простору між пресуючими поверхнями, що рухаються в назустріч одна одній, витісняються тверді, рідкі або газоподібні речовини. Однак, встановлено, що при пресуванні мезги не відбувається рівномірного переміщення твердих і рідких часточок між пресуючими поверхнями, що зближаються.

Основною величиною, що характеризує процес віджиму соку пресуванням, є вихід рідини, що залежить від величини робочого тиску, характеру зв'язку рідкої фази в вихідному матеріалі, температури процесу, товщини шару і тривалості процесу.

Фізична суть віджиму рідини полягає в тому, що при зближенні частинок матеріалу, зсередини і на поверхні яких рідина утримується силами молекулярного зчеплення, спочатку починається рух рідини по каналах між частинками, а потім в процесі пресування рідина рухається в шарі матеріалу по капілярам перемінного перетину і кривизни, тобто процес подібний до фільтрування.

Кількість рідини, що виділяється при пресуванні, прямо пропорційна перепаду тисків і розміру капілярів і зворотно пропорційна в'язкості рідини і довжині капіляра. Таким чином, більш повному віджиму соку сприяють збільшення тиску і зменшення в'язкості рідини. Однак надмірне підвищення тиску зменшує розтин капілярів, а значить і виробничу потужність процесу. Оптимальний робочий тиск процесу визначають дослідним шляхом з врахуванням структурно-механічних властивостей матеріалу, кількості і якості рідини, що отримується.

Правильне подрібнення є основним фактором при пресуванні. Воно повинно забезпечити максимальне руйнування клітин, зберігаючи при цьому губчасту структуру мезги з каналами для витікання соку.

В літературі відсутні дані про порівняльну біофізичну ефективність різних елементів механічної дії, таких як різка, роздавлювання, розтирання і інш. на структуру тканин інуліномісткої сировини.

Нами проведені дослідження, основним показником яких, був вихід соку (табл.3.7.) в залежності від методу подрібнення інулінвмісної сировини.

На вихід соку здійснює немалий вплив ширина і висота шару, що піддається пресуванню, тиск і характер його підвищення.

Встановлено, що при пресуванні мезги не відбувається рівномірного переміщення твердих і рідких частинок між пресуючими поверхнями, що зближаються. Умови текучості і обезводнювання в різних зонах шару, що пресується, неоднакові. В крайніх зонах і нижній частині вони залежать від ширини і висоти шару. Крім того в процесі пресування відбувається додаткове руйнування клітинної структури.

Табл.3.7.

Вихід соку із різної інулінвмісної сировини в залежності від методу подрібнення, %.

Сировина	Різка	Роздавлювання	розтирання	Мелення
Топінамбур	33	34	45	47
Цикорій	31	32	41	43
Кульбаба	24	27	37	37
Оман	19	20	31	32
Скорцонера	22	24	39	41
Лопух	18	18	32	35

Підвищення тиску сприяє збільшенню виходу соку, але до певної міри. До того ж при високому тиску порушується губчаста структура мезги. В сік переходить багато зависів, він стає мутним і погано освітлюється. Характер підвищення тиску теж має значення. При надмірно швидкому підвищенні тиску сік не встигає витікати, «запресовується» в мезгу і вихід знижується. Кращі

результати дає ступінчасте підвищення тиску, коли мезгу витримують при певному тиску декілька хвилин, а потім поступово збільшують тиск.

Що стосується шару матеріалу, що пресується, то при високому шарі збільшується зона пресування і тривалість витікання соку. Тому пресування потрібно вести в тонкому шарі. Також корисно перед пресуванням провести відділення вільно витікаючого соку (сік-самотік). Це покращує структуру мезги, укріплює структуру шару, що пресується і полегшує дренаж, що сприяє більш повному витіканню соку, що залишився і підвищує його вихід.

Дослідження цього процесу проводилось на гідравлічних пак-пресах періодичної дії при надлишковому тиску 100 ата. Фільтруючий матеріал - мішкovina. Сухі речовини жмиха після пресування не менше 32 %. Температура соку повинна підтримуватися не нижче 20°C для того, щоб уникнути втрат інуліну із жмихом. У випадку зниження температури в цеху, для миття бульб потрібно застосовувати теплу воду.

В процесі виробництва нами був визначений період роботи преса для отримання соку із подрібнених бульб до закінчення пресування. Цей період складається із двох етапів:

- а) загрузка преса (тривалість в середньому 23 хв.)
- б) власне пресування (тривалість в середньому 17 хв.)

Таким чином час отримання соку на вищенаведених пресах складає близько 40 хв.

Було встановлено, що із збільшенням тиску до 150ата порушується губчаста структура мезги і сік стає мутним. При процесі пресування при 100ата такі явища не спостерігалися.

Табл.3.8.

Залежність виходу соку від методу пресування.

Сировина	Вихід соку без витримування	Вихід соку з витримуванням
Цикорій	42	43
Топінамбур	47	49

Дуже мале значення для виходу соку має і застосування методу витримування на різних ступенях тиску (табл.3.8).

Витримування проводили протягом 5-ти хвилин при робочому тиску преса 10 ата, 50 ата і 100 ата.

Таким чином, встановлено, що доля клітин, які руйнуються в процесі пресування сировини, досить несуттєва. Тому необхідно намагатися максимально зруйнувати цитоплазменні оболонки клітин рослинної тканини в процесі попередньої обробки перед пресуванням. Для руйнування цитоплазмених оболонок клітин і підвищення клітинної проникності застосовуються різноманітні методи: теплова обробка, заморожування, імпульсна обробка обробка сировини, обробка іонізуючими випромінюваннями, а також дія активних і інактивних витяжок ферментних препаратів.

В даній роботі проведені дослідження впливу теплової обробки на вихід соку із рослинної сировини.

Теплова обробка є одним із найбільш поширених методів попередньої обробки рослинної сировини.

Найчастіше вживають обробку паром або гарячою водою вихідного матеріалу, або попередньо подрібненої сировини. У табл.3.9. приведені дані по виходу соку із різної інулінвмісної сировини без теплової обробки бульб та коренів перед подрібненням і пресуванням, та після прогрівання бульб та коренів у миєчній машині гарячою водою до температури сировини 40°C.

Як видно із табл.3.9. теплова обробка інулінвмісної сировини підвищує вихід соку на 10-15%, що дозволяє підвищити вихід інуліну на 1-2% по масі сировини.

Для визначення впливу температури рослинної сировини перед переробкою на вуглеводний склад соку було проведено наступну серію дослідів.

Залежність виходу соку із рослинної сировини від способу попередньої  
обробки

Сировина	Вихід соку,%	
	контроль	нагрівання
Топінамбур	47	53
Цикорій	43	49
Кульбаба	37	42
Оман	32	38
Скорцонера	41	47
Лопух	35	39

Бульби топінамбуру нагрівали до +30°C, +40°C та 50°C, подрібнювали та відділяли сік пресовим методом та методом центрифугування. Сік фільтрували, охолоджували до +5°C і видержували 15 год до повного осадження інуліну. Осад відфільтровували, висушували і аналізували за допомогою гел'єхроматографії HPLC. Одержані дані приведені у табл.3.10.

Із одержаних даних бачимо, що підігрівання сировини перед її переробкою з метою одержання ВМ інуліну суттєво впливає не тільки на вихід соку, але й на його вуглеводний склад. Збільшення температури сировини на 10°C дає в середньому збільшення ССП на 2-3од. Збільшення температури >50°C, приводить до часткової денатурації білків рослинної сировини, що призводить до зменшення виходу соку.

В літературі існує багато свідчень інтенсифікації технологічних процесів за допомогою високочастотних ультразвукових коливань. В процесі екстракції, або попередньої обробки ультразвуком стружки рослинної сировини, коливання можуть руйнувати протоплазменну мембрану і тим самим сприяти збільшенню виходу соку.

Табл.3.10.

## Молекулярно-масовий розподіл інуліну

Зразок	Інулін із топінамбуру, %					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
ВМС	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Глюкоза	0,5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
Фруктоза	0,4	0,7	0,5	0,3	0,5	1,1
Цукроза	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2
СП 3-14	22,2	18,6	19,7	18,8	17,1	14,6
СП 15-19	18,8	12,6	13,7	14,0	14,7	15,4
СП 20-24	17,1	12,5	13,3	13,4	14,6	15,8
СП 25-29	13,3	11,3	11,5	11,6	12,3	12,3
СП 30-39	18,8	20,0	20,5	20,7	20,6	21,5
СП 40-44	3,7	7,0	6,1	6,3	6,6	7,1
СП > 45	4,7	16,3	13,9	14,0	12,9	11,7

Де № 1 - пресовим методом без підігрівання сировини;

№ 2 - методом центрифугування з підігріванням сировини до 50°C;

№ 3 - пресовим методом з підігріванням сировини до 50°C;

№ 4 - методом центрифугування без підігрівання сировини;

№ 5 - пресовим методом з підігріванням сировини до 40°C;

№ 6 - пресовим методом з підігріванням сировини до 30°C.

Для дослідження була використана лабораторна віброплощина, яка характеризувалася частотою коливань 20000 кол/хв. Ультразвук викликався ультразвуковим генератором.

Сировина після подрібнення загрузалася в вібраційний прилад і піддавалася вібрації протягом 10 хвилин. Після чого визначали вихід соку пресовим методом, аналогічно, як і у випадку з тепловою обробкою. Отримані результати наведені в табл.3.11.

Із представлених даних видно, що після ультразвукової обробки показники виходу соку більші, ніж у контрольних, не для всіх видів сировини.

Встановлено, що вихід соку підвищується із топінамбуру, цикорію, кульбаби та скорцонери, а для лопуха та омани ультразвукова обробка не дала

позитивного результату, що можна пояснити різною клітинною структурою та жорсткістю волокон сировини.

Табл.3.11.

## Залежність виходу соку від методу виділення

Сировина	Вихід соку, %.	
	контроль	ультразвук
Топінамбур	47	55
Цикорій	43	47
Кульбаба	37	44
Оман	32	33
Скорцонера	41	47
Лопух	35	35

Для визначення оптимального часу обробки піддавались ультразвуковій обробці подрібнені бульби топінамбуру. Тривалість обробки була від 1 до 30 хв. Через кожні 2 хвилини обробки визначали вихід соку. Досліди показали, що збільшення виходу соку відбувається від 47 до 53% після 10 хвилин обробки. Подальше збільшення часу обробки дає менший приріст виходу соку (53-55%) і після 15-ти хвилин обробки, вихід соку досягає максимуму і перестає збільшуватися рис.3.12.

Приймаючи до уваги складність застосування ультразвукових методів попередньої обробки сировини в промислових умовах (необхідно вести процес у рідкому середовищі, висока вартість обладнання, шкідливі умови праці), їх важко рекомендувати для підвищення ефективності данного процесу.



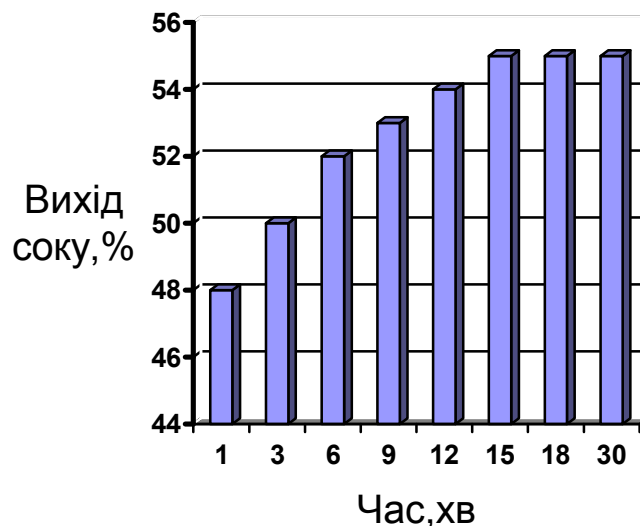


Рис.3.12. Залежність виходу соку від часу обробки подрібненого топінамбуру ультразвуком.

### 3.3. Дослідження процесів очистки соків та екстрактів.

Так як більшість речовин, що супроводжують інулін, теж мають в тій чи іншій мірі свою біологічну дію, а також посилюють дію інших, очистка соків інулінового виробництва не повинна бути повною. Тобто, виділення інуліну в абсолютно чистому вигляді, призведе до зниження його біологічної активності. Основною метою очистки повинно бути видалення тих речовин, які заважають подальшому процесу осадження інуліну із інулінових розчинів, а також можуть призвести до погіршення органолептичних показників кінцевого продукту.

Так як погіршення хімічних, харчових та органолептичних властивостей продукту в технологчному процесі виділення інуліну відбувається, в основному, за рахунок білків, пектинових речовин і низькомолекулярних вуглеводів, а також продуктів, що утворюються за рахунок їх взаємодії, то методи очистки повинні переслідувати перш за все цю мету - звільнення саме від цих речовин.

Білкові та інші речовини колоїдної дисперсності соку надійно захищені дією розчинних пектинових речовин. Особливість останніх в тому, що вони, як

ліофільні колоїди при зростанні концентрації непропорційно інтенсивно збільшують в'язкість розчинів. В присутності цукру і кислоти пектинові речовини мають здатність утворювати гелі.

Було встановлено, що якщо зникає захистна дія пектинів, то зависі осаджуються і значно знижують коефіцієнт в'язкості соків, що позитивно впливає на фільтрацію.

Однак склад речовин, що погіршують характеристики соків і екстрактів, в значній мірі різняться і в першу чергу за рахунок барвних речовин, які утворюються при нагріванні в процесі екстракції. Відомо, що в соках інуліноносів завжди присутні моноцукри, нагрівання яких в присутності кисню повітря призводить до їх руйнування з утворенням безазотистих барвних речовин, органічних кислот і інших багаточисельних продуктів розпаду. Склад барвних речовин і інтенсивність забарвлення залежить від температури, тривалості нагрівання, рН середовища, концентрації реагентів.

В процесі розкладу гексоз утворюються як кислоти, так і нейтральні речовини. Так, в слаболужному середовищі в великій кількості накопичується метасахаринава кислота. Це перетворення відбувається паралельно з реакцією по схемі:

фруктоза - гліцеринальдегід - метилглюкозаль - молочна кислота

Деякі із речовин, що утворюються при розкладі гексоз, мають вільну карбоксильну групу і здатні концентруватися, утворюючи барвні речовини.

З підвищенням температури в кислих і нейтральних середовищах із гексоз в результаті відщеплення трьох молекул води утворюється похідна фурана - оксиметилфурфурол (ОМФ). В розчинах фруктози ОМФ утворюється швидше, ніж в розчинах глюкози і при більш низьких температурах. Це пояснюється тим, що в водних розчинах поряд з піранозною формою фруктози завжди існує значна кількість фуранозної форми, з якої легко утворюється ОМФ. В розбавлених розчинах утворюється швидше, ніж у концентрованих. Однак в розчинах утворюється не лише ОМФ, так як висока реакційна здатність фруктози на фоні комбінації різних взаємодій (температура, рН, взаємодія з

іншими компонентами вихідної сировини і продуктами їх деструкції та інш.) створює передумови для утворення різноманітних продуктів взаємодії, в тому числі і забарвлених сполук..

У інуліномісткій сировині поруч із вуглеводами міститься значна кількість пептидів та амінокислот, що може призвести до утворення меланоїдинів (реакція Майяра). Найбільше значення для утворення меланоїдинів має наявність в реакційній суміші глюкози та фруктози. Варто зазначити, що із фруктозою реакція Майяра протікає значно швидше. В цій реакції можуть приймати участь також олігосахариди.

Для освітлення екстрактів та соків широко застосовують вугілля, а також іонообмінні смоли (при послідовній обробці катіонітом та аніонітом). Застосування полярних аніонітів в суміші з активованим вугіллям взаємно посилює їх абсорбційну здатність.

Цілком ймовірно, що сильнокислотні смоли гідролізують полі- і олігоцукри, тому потрібно виявляти велику обережність при виборі іонітів для очистки соків та екстрактів.

В виробничій практиці для очистки рослинних екстрактів застосовуються: вапно з наступною сатурацією, активоване вугілля, іонообмінні смоли.

В хімічній технології одержання інуліну очистка екстрактів проводилась алюмокалієвими квасцями і розчином лужного оцтовокислого свинцю. Для освітлення очищених екстрактів додавали активоване вугілля. Однак для харчового використання інуліну ці методи не прийнятні.

Метод адсорбції пригодний лише тоді, коли зберігається зворотність зв'язку адсорбента і адсорбуючої речовини. А також найбільш широко використовувані адсорбенти, такі як активоване вугілля, целюлоза мають високу енергію зв'язку адсорбента і адсорбтива, в результаті чого значна частина барвних речовин адсорбується незворотно.

### **3.3.1. Дослідження очистки соків та екстрактів за допомогою активованого вугілля.**

Проведено дослідження очистки соків та екстрактів за допомогою активованого вугілля, як сорбента, який є найбільш поширеним і широко використовуваним в харчовій промисловості [229]. Для встановлення ефекту обезбарвлення за допомогою активованого вугілля до порцій соків та екстрактів інулінового виробництва додавали активоване вугілля (від 1% до 10% до сухих речовин), суспензію витримували в термостаті при різних температурах (від 40 до 70°C) протягом певного проміжку часу (від 5 до 70 хвилин), після чого вугілля відфільтровували.

Ефект обезбарвлювання розраховували по зниженню інтенсивності світлопоглинання розчину, що пройшов вугільну обробку, в процентах по відношенню до інтенсивності світлопоглинання вихідного розчину.

Аналізуючи отримані дані, були встановлені наступні закономірності. Ефект обезбарвлювання в кислому середовищі вищий, ніж в лужних, виходячи з чого при очистці варто віддати перевагу вугіллю марки "Б", що має кислу реакцію водної витяжки і пригodne для застосування в нейтральних і слабкислих середовищах.

Більшу ефективність обезбарвлення при рН 7 можливо пояснити тим, що часточки активованого вугілля при рН 7 мають позитивний заряд. Судячи з літературних даних, більшість барвних речовин, що утворюються при руйнуванні редукуючих цукрів, мають кислотний характер і заряджені негативно. Тому адсорбція барвних речовин вказаного типу збільшується із збільшенням рН реакційного середовища.

Для оцінки зміни забарвлення в часі за кожні 10 хвилин обробки ізомелізатів вугіллям, відбирали проби, в яких вивчали інтенсивність поглинання при однаковому розбавленні. При цьому основна частина барвних речовин поглиналась в перші 20-30 хвилин обробки (в залежності від

температурного режиму), а потім ступінь адсорбції змінювався мало, що видно з кривих на рис.3.13.

Були порівняні ступені обезбарвлювання в залежності від концентрації інуліну в розчинах і соках. Ми встановили, що при розбавленні розчинів ступінь обезбарвлювання підвищувався, але такий шлях зниження барвності соків та екстрактів не вигідний, так як останні мають певну концентрацію, зниження якої призводить до втрат кінцевого продукту при його виділенні із розчину.

Як видно із рис.3.14, ефект обезбарвлювання суттєво зростає при збільшенні кількості вугілля від 1% до 3% до СР цукрів, потім змінюється лише незначно. При цьому він сягає лише 25% і не перевищує 35% в екстремальних випадках. Застосування триразової очистки вугіллям не призвело до помітного підвищення ефекту обезбарвлення.

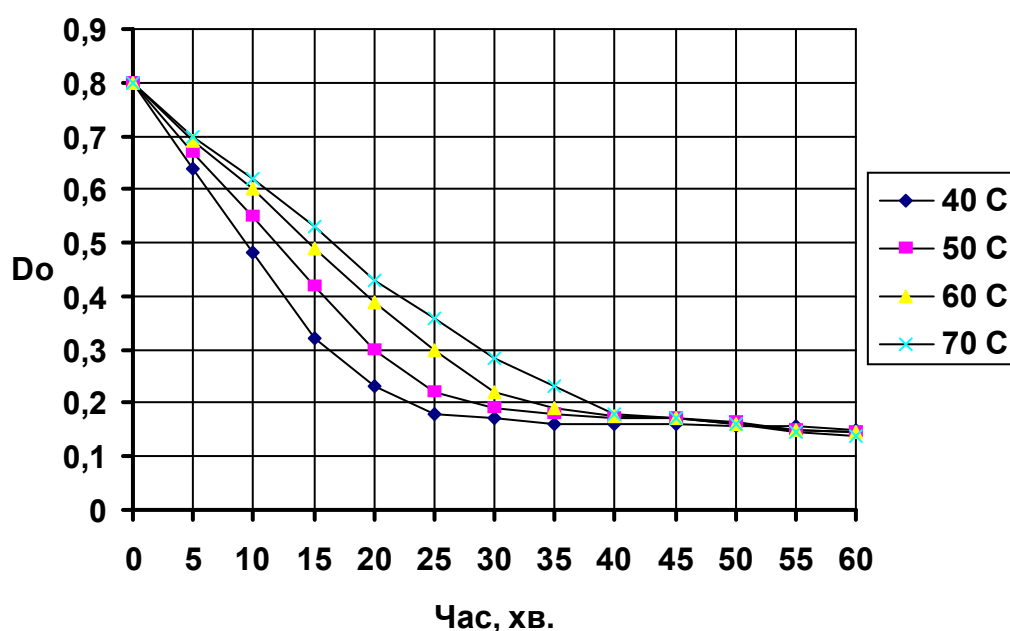


Рис.3.13.. Зміна барвності екстракту лопуха під час обробки вугіллям в залежності від температурного режиму в часі, концентрація вугілля – 5% до СР соку.

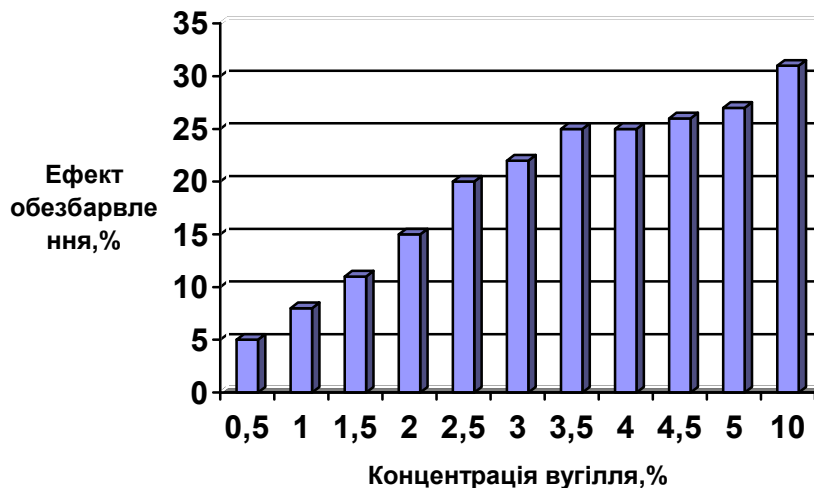


Рис.3.14. Залежність ефекту обезбарвлення від концентрації активованого вугілля.

### 3.3.2. Дослідження очистки соків та екстрактів за допомогою іонообмінних смол.

Нами було досліджено обезбарвлення соків і екстрактів інулінового виробництва при пропусканні їх через колонки, заповнені іонітами, дозволеними в харчовій промисловості - КУ-2-8 і АВ-17-2П [230]. Застосування КУ-2-8 в Н<sup>+</sup>-формі привело до суттєвого ефекту обезбарвлення, але одночасно і до зменшення вмісту ВМ інуліну в елюатах в порівнянні з вихідним розчином. Це може бути пояснено тим, що з однієї сторони протікає гідроліз інуліну (за рахунок каталітичної дії Н<sup>+</sup>-форми), а з іншої сторони, частковою адсорбцією полісахариду на смолі. Це підтверджується порівняльним аналізом розчинів за допомогою рідинної гель-хроматографії до і після обробки катіонітом рис. 3.15., 3.16., табл.3.12.

Експеримент проводили із соком, одержаним із цикорію в період виробництва інуліну на базі 2-го ім. Петровського цукрового заводу. Як бачимо із одержаних результатів, освітлення інулінових екстрактів катіонітом, призводить до зниження середнього СП (у даному випадку від 22,9 до 14,6), що значно утрудняє подальше виділення інуліну.

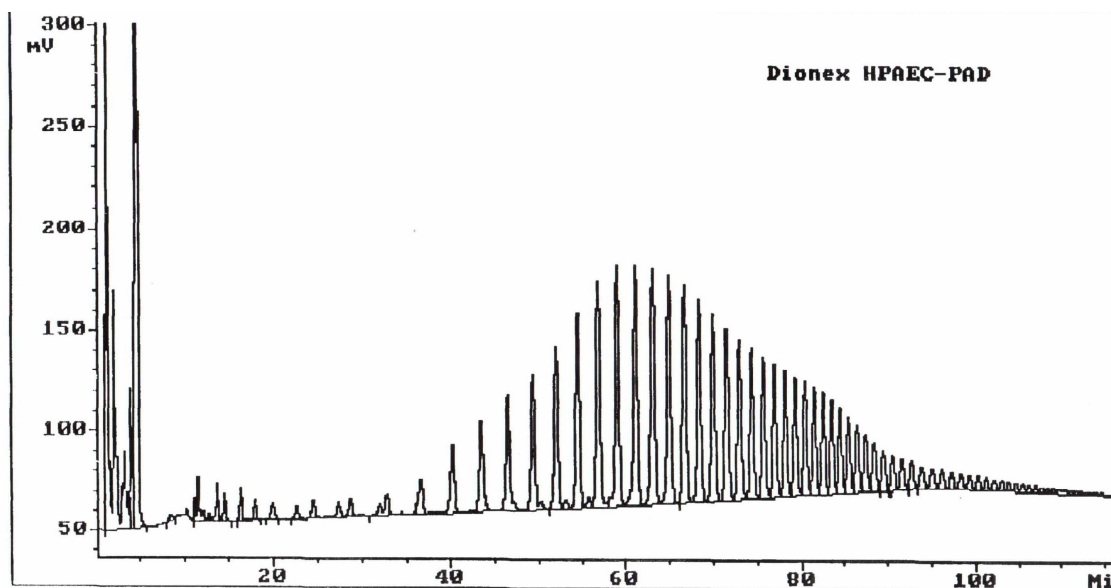


Рис.3.15. Гельхроматограма інулїну, одержаного без обробки КУ-2.

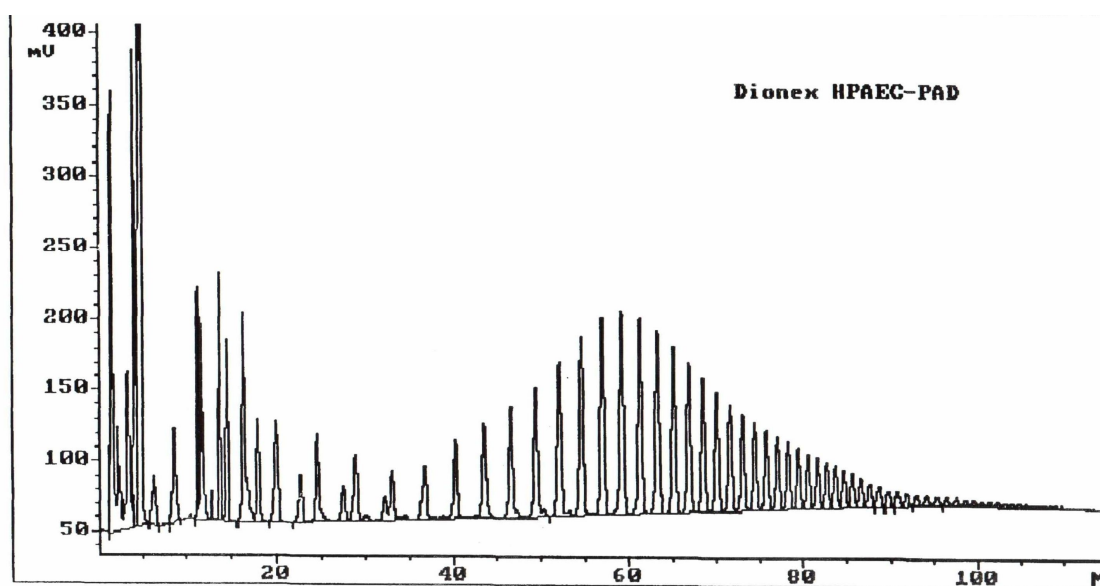


Рис.3.16. Гельхроматограма інулїну, одержаного з обробкою КУ-2.

Дослідження обезбарвлення соку, одержаного із цикорїю при виробничих випробуваннях на базі 2-го ім. Петровського цукрового заводу показали, що застосування аніонїту АВ-17- 8 також призводить до часткового гїдролїзу ВМ інулїну. Для порівняння: при застосуваннї КУ-2 середнїй ступїнь полїмеризацїї знизився на 12,3 од. Тодї як при застосуваннї аніонїту на 11,2 од.

Табл.3.12.

Молекулярно-масовий розподіл розчину інуліну та його середній СП до і після обробки катіонітом КУ-2.

Ступінь полімеризації	Вміст фракцій, %, до обробки катіонітом	Вміст фракцій, %, після обробки катіонітом
Моноцукри	3,6	6,0
Цукроза	0,1	0,9
СП3-СП9	3,1	16,6
СП10-СП14	8,9	10,9
СП15-СП19	20,5	21,4
СП20-СП24	20,2	17,0
СП25-СП29	13,9	9,9
СП30-СП34	10,7	6,3
СП35-СП44	13,2	5,7
СП>45	5,7	2,5
Середній СП	22,9	14,6

Ступінь обезбарвлення соків та екстрактів за допомогою катіонітів сягав 50%, а аніонітом - 60% при кімнатній температурі і незначному нагріванні. Термостатування колонок з іонітами при температурах вище 60-70°C призводить до псування смоли.

Таким чином, застосування іонітів для обезбарвлення соків та екстрактів дає змогу досягнути значно більшого ефекту очистки у порівнянні з вугіллям, але знижує якість готового продукту, за рахунок зниження ступеня полімеризації одержуваних фруктанів.

### 3.3.3. Дослідження впливу синтетичних ПАР.

В останні роки стало популярним використання поверхнево-активних речовин в процесах очистки. Ми досліджували дію таких обезбарвлюючих агентів на очистку соків інулінового виробництва на прикладі синтетичного



ПАР марки ВПК-402, дозволеного до використання в харчових виробництвах. В якості дослідних зразків взяті екстракти, одержані із лопуха та оману, шляхом водної екстракції 1-го кг нарізаної стружкою сировини у 1200 мл води.

Екстракти лопуха та оману у кількості 1000мл кожного, обробляли ПАР, із розрахунку 0,2мл ПАР/100мл екстракту. 500мл екстракту лопуха та 500мл екстракту оману витримували при постійному перемішуванні та кімнатній температурі протягом 10хв, після чого відфільтровували осад на беззольному фільтрі, та визначали оптичну густину. Інші 500мл екстрактів витримували при температурі 60°C протягом 10хв, після чого також відфільтровували осад та визначали оптичну густину рис. 3.17.

Як видно із даних, наведених на рис.3.17., ефект обезбарвлення водного екстракту лопуха при кімнатній температурі сягав 50 %, а при нагріванні - 55%, тоді як водного екстракту оману 55% і 60% відповідно.

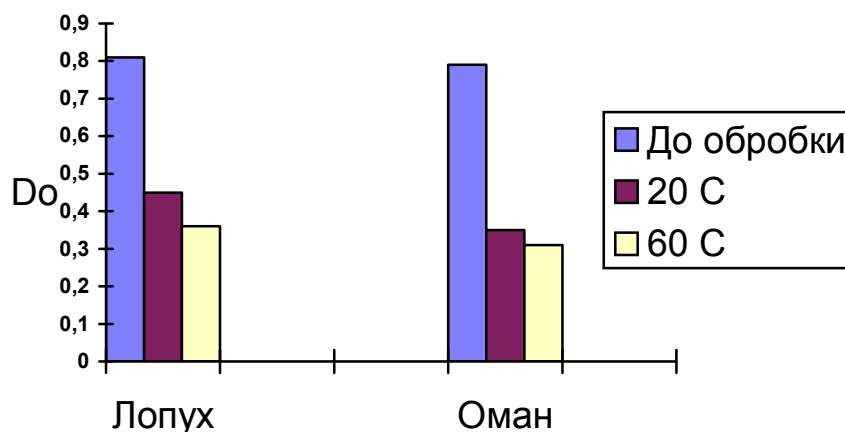


Рис.3.17. Ефект обезбарвлення водних екстрактів лопуха та оману при обробці синтетичним ПАВ марки ВПК-402.

Результати досліджень очистки показали, що жоден із доступних обезбарвлюючих агентів не може вважатися універсальним засобом для очистки соків та екстрактів інулінового виробництва. Це пов'язано із складністю і різноманітністю барвних сполук, що утворюються при переробці інулінової сировини, а також з тим, що немає можливості підбору одного, або двох простих і ефективних сорбентів, здатних одночасно утримувати

різні групи забарвлених речовин та мали б нейтральну дію по відношенню до високомолекулярного інуліну.

### **3.3.4. Дослідження впливу очистки на мінеральний склад порошків інулінів.**

В рослинній сировині інулін супроводжують багато мінеральних речовин, які можуть виділятися разом із ним в технологічному процесі. Метою було дослідження змін мінерального складу порошків інуліну, виділеного із різних інулінвмісних рослин. Було встановлено, що майже всі зразки порошків інулінів містять такі життєво необхідні макро- та мікроелементів як кальцій, калій, сірка, цинк, мідь, залізо і т.д., які можуть доповнити або синергізувати біологічну дію інуліну.

Питання очистки є досить важливим і складним в процесах виділення вуглеводів із рослинної сировини. Тому нами було вирішено провести дослідження мінерального складу інулінів, виділених із різних рослинних джерел за технологією, без застосування очистки, щоб виключити відмінність в домішках, що потрапили в них в ході технологічного процесу.

В результаті досліджень потрібно було вирішити питання: які саме макро- та мікроелементи супроводжують інулін в рослинній сировині, та чи варто очищати інулін, щоб позбутися цих домішок.

Технологічний процес виділення дослідних зразків інуліну ми проводили за наступною схемою:

**Сировина → мийка → подрібнення → відділення соку → осадження інуліну → фільтрація → промивка холодною водою без перекристалізації → фільтрація → сушка.**

Визначення мікроелементного складу фруктанів, отриманих із різної рослинної сировини, проводились за допомогою автоматизованого комплексу «ЭКОВЬЮ - 1.0».

Аналізували мікроелементний склад фруктанів, одержаних із основних технічних культур - інуліноносів - топінамбуру, цикорію, скорцонери, лопуха, кульбаби [231,232]. Проби для аналізу відбирались раз в декаду від початку до закінчення виробництва 1999р.

Дані, отримані в результаті дослідження, наведені в табл.3.13- 3.17.

Для порівняння в табл.3.18. наведені дані про мінеральний склад голандського інуліну марки “Фрутафіт” який виділяють із цикорію за допомогою екстракції.

Одержані результати свідчать про те, що відмінність в мінеральному складі інулінів досить суттєва. Можливо, це в якійсь мірі впливає і на біологічну активність інулінів [233].

Табл.3.13.

Вміст мікроелементів в зразках інуліну з коренів кульбаби по декадах 1999 рр.

Елемент	Концентрація, мкг/г			Середня статистична різниця між декадами, мкг/г
	1дек.	2дек.	3дек.	
S	9952,68	9593.77	9387.6790	± 283.4000
Cl	118.120	120.512	119.6250	± 3.9610
K	482.867	500.987	497.7630	± 3.3110
Ca	51.1389	47.1518	49.5860	± 2.20150
Mn	3.0130	2.8885	3.5520	± 0.08820
Fe	79.5136	81.6732	83.5370	± 2.47970
Cu	10.4732	12.3680	11.6739	± 1.58290
Zn	23.8929	25.7351	24.5930	± 2.03440
Br	0.7128	0.6592	0.7256	± 0.53919
Sr	0.7931	0.6846	0.6804	± 0.15620

Табл.3.14.

Вміст мікроелементів в зразках інуліну з коренів цикорію по декадах 1999рр.

Елемент	Концентрація, мкг/г			Середня статистична різниця між декадами, мкг/г
	1 дек.	2 дек.	3 дек.	
S	11105.48	11056.36	10985.450	± 136.30
Cl	118.7223	127.9342	122.4271	± 3.7880
K	386.0034	375.7583	381.6840	± 8.5160
Ca	103.6820	98.9730	97.9953	± 3.3277
Mn	3.7031	2.9530	3.5773	± 0.4743
Fe	64.7051	61.5271	63.6992	± 2.2216
Ni	5.1624	4.7534	4.5877	± 0.2687
Cu	5.3093	5.8963	5.5733	± 0.1905
Zn	27.1381	25.7867	25.9857	± 0.4161
Br	0.7953	0.6733	0.7753	± 0.1553
Sr	2.540	2.1340	1.9237	± 0.2953

Табл.3.15.

Вміст мікроелементів в зразках інуліну з коренів лопуха по декадах 1999рр.

Елемент	Концентрація, мкг/г			Середня статистична різниця між декадами, мкг/г
	1 дек.	2 дек.	3 дек.	
K	636.8349	625.7694	626.5382	± 5.4480
Ca	123.0437	118.4076	118.5207	± 3.3370
Fe	94.7765	95.3620	92.3581	± 2.2947
Cu	7.6649	6.8712	6.8930	± 0.8775
Zn	38.5222	37.7933	39.3776	± 1.3421
Sr	1.1368	0.9934	1.6520	± 0.2593

Табл.3.16.

Вміст мікроелементів в зразках інуліну з бульб топінамбуру по декадах 1999рр.

Елемент	Концентрація, мкг/г			Середня статистична різниця між декадами, мкг/г
	1 дек.	2 дек.	3 дек.	
S	18609.06	17753.22	18056.779	± 532.4000
Cl	278.2922	267.5301	261.3984	± 5.3080
K	61.5278	57.6893	59.5740	± 2.7829
Fe	42.7450	41.5720	41.3774	± 1.4078
Ni	3.0380	2.8851	2.9733	± 0.2815
Cu	3.7100	3.3350	3.5620	± 0.2991
Zn	25.5683	27.5310	27.6331	± 0.6625
As	2.1652	2.1980	2.7713	± 0.5057
Br	0.2238	0.2134	0.2104	± 0.0162
Sr	0.2927	0.2520	0.3100	± 0.0305
I	6.4719	5.5672	5.6432	± 0.7948

Табл.3.17.

Вміст мікроелементів в зразках інуліну з коренів скорцонери по декадах виробництва 1999рр.

Елемент	Концентрація, мкг/г			Середня статистична різниця між декадами, мкг/г
	1 дек.	2 дек.	3 дек.	
S	14215.60	13573.74	13056.452	± 423.8000
Cl	328.9126	301.4592	335.6102	± 23.8270
K	373.6237	355.4390	359.4428	± 15.1130
Ca	32.9039	30.8270	32.0452	± 2.1455
Cr	2.7945	2.5017	2.7721	± 0.2936
Mn	7.8642	7.6529	7.5730	± 0.3719
Fe	75.0565	73.5523	71.3107	± 2.5773

Продовження табл.3.17.

Ni	6.1606	5.8736	5.9834	±	0.6210
Cu	6.6130	6.2887	6.3750	±	0.3539
Zn	27.3174	25.8950	25.7685	±	1.0084
As	4.5227	4.2675	4.7796	±	0.4960
Br	1.4059	1.2232	1.4407	±	0.2415
Sr	1.7583	1.6565	1.7740	±	0.2873

Табл.3.18.

Вміст мікроелементів в зразках голандського інуліну (торгова марка «Фрутафіт»).

Елемент«Фрутафіт»	Концентрація, мкг/г
S	17042,3900
K	57,2594
Cr	6,7171
Fe	19,0930
Ni	4,4105
Cu	6,2718
Zn	9,1750
Br	0,4363

Калій відіграє важливу роль у внутріклітинному обміні, в регулюванні водно-сольового обміну, осмотичного тиску, кислотно-лужного стану організму. Він необхідний для нормальної діяльності м'язів, зокрема серця, приймаючи участь в проведенні нервових імпульсів до м'язів. Однією із найважливіших властивостей калію є виведення із організму води і натрію. Він також активує ряд ферментів і приймає участь в найважливіших обмінних реакціях.

Нами встановлено, що найвищий вміст калію у пробах інуліну, отриманого із лопуха ( $636,8 \pm 51,4$  мкг/г), тоді як найнижчий ( $61,5 \pm 9,8$  мкг/г) у пробах топінамбура.

Лопух також відрізняється і високим вмістом кальцію ( $123,04 \pm 13,3$  мкг/г). Кальцій входить до складу і інших зразків інуліну, але в меншій кількості. Кальцій впливає на процеси скорочення м'язів, приймає участь в процесах згортання крові і зменшує проникненість стінок судин, впливає на кислотно-лужний стан організму, активує ряд ферментів, впливає на функції ендокринних залоз. Одночасно кальцій здійснює протизапальну і десенсибілізуючу дію, знижуючи прояви алергії, підвищує захисні сили організму.

Варто сказати, що кальцій є труднозасвоюємим елементом. В складі харчових продуктів кальцій знаходиться в вигляді важко розчинних, або повністю нерозчинних у воді сполук. Під впливом кислого вмісту шлунку частина нерозчинних сполук кальцію все ж таки переходить в розчинні. Однак, лужне середовище тонкого кишечника знову призводить до утворення труднозасвоюваних солей кальцію, і тільки вплив на них жовчних кислот, що супроводжується утворенням комплексних сполук, дозволяє знову перевести кальцій в засвоюваний стан.

При засвоєнні інуліну організмом виділяються коротколанцюгові жирні кислоти, що підвищують кислотність кишечника. Мабуть саме цим пояснюється здатність інуліну підвищувати засвоюваність кальцію в організмі.

Інулін покращує засвоюваність в організмі також заліза, магнію, цинку і міді (табл.3.19.).

Найбільший вміст заліза було виявлено у топінамбурі ( $432,45 \pm 16,2$  мкг/г). Залізо життєво необхідне для людини. Воно входить до складу більш ніж 70 різних за своєю функцією ферментів. Залізо також задіяне в вироблянні енергії і обміні речовин, включаючи синтез ДНК за рахунок багатьох ключових ферментів.

Табл.3.19.

## Вплив інсуліну на абсорбцію деяких мінеральних речовин.

Іжа	Процент абсорбції				
	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu
Контроль	26 ± 2,2	45,5 ± 1,9	21 ± 2,4	46 ± 3	23,7 ± 1,4
10 % ін-ну	41 ± 2,6	77 ± 1,8	31,3 ± 3,3	54 ± 1,3	31 ± 4,6

У соку топінамбура виявлено також і найвищий вміст цинку ( $64,6 \pm 6,3$  мкг/г) і міді ( $22,1 \pm 2,9$  мкг/г). Цинк відіграє важливу роль в процесах утворення кісток. Цинк входить до складу фермента алкогольдегідрогенази, що окисляє і тим самим знешкоджує спирт. Цинк потрібен також для розвитку мозку. Він робить людей більш стійкими до дії стресів і простудних захворювань, за рахунок антивірусних і антиоксидантних властивостей. Крім того, цинк пролонгує дію інсуліну, що дало можливість створити препарати пролонгованої дії для хворих на цукровий діабет.

Така широкостороння дія цинку пояснюється тим, що він входить до складу багатьох ферментів. В наш час цинк знайдений більш ніж в 200 металоферментах, що приймають участь в самих різноманітних обмінних реакціях, включаючи синтез і розпад вуглеводів, жирів, білків і нуклеїнових кислот.

Мідь є важливим фактором у виробництві гемоглобіну, колагенових структур (включаючи суглоби і артерії) і енергії.

Відомо, що робочі на мідних рудниках не страждають від радикуліту, підвищеного тиску крові, появи злоякісних пухлин.

Мідь відіграє велику роль в підтриманні нормального складу крові.

Нестача міді характеризується анемією, втомлюваністю, повільним загоюванням ран, підвищеним рівнем холестерину і поганою діяльністю імунної системи. Без міді неможлива діяльність деяких ферментів, які сприяють обміну речовин.



Із-за того, що дефіцит міді несе за собою значне підвищення холестерину, вважають, що це відіграє значну роль в розвитку атеросклерозу.

Сірка теж є елементом, що міститься у всіх зразках інулінів. Як компонент чотирьох амінокислот (метіоніну, цистеїну, цистину і таурину) виконує багато важливих функцій. Вона знаходиться в великих концентраціях в суглобах, волоссі, нігтях і шкірі, в їх білкових структурах. Гормон інсулін насичений сірковмістними амінокислотами. Детоксикуюча речовина глутатіон теж є сіркомістною сполукою.

До складу всіх інулінів крім топінамбуру та лопуха входить марганець ( $3,0 \pm 1,0$  у кульбаби і  $7,9 \pm 2,2$  у скорцонери). Він задіяний в багатьох системах ферментів, включаючи ферменти, що здійснюють контроль цукру крові, енергетичний метаболізм і приймають участь в функціонуванні гормону щитовидної залози. Марганець відіграє також важливу роль в функції мозку, так як це критичний метал для використання глюкози в нейроні, для циклічної активності адреналіну, а також для контролю передачі нервових імпульсів.

У зразках інуліну, виділеного із топінамбуру і скорцонери, виявлено незначну кількість хрому ( $5,3 \pm 1,8$  мкг/г - топінамбур,  $2,8 \pm 1,3$  мкг/г). При нестачі хрому у людини відмічається зниження толерантності до глюкози, підвищення концентрації інсуліну в крові, поява глюкози в сечі, підвищення концентрації тригліцеридів і холестерину в сировотці крові, що призводить до збільшенню кількості атеросклеротичних бляшок в стінці аорти. Таким чином, хром потрібен хворим на цукровий діабет, атеросклероз, так як знижує рівень цукру і тригліцеридів крові.

У пробах інуліну із топінамбура і скорцонери виявлено також і миш'як ( $4,5 \pm 1,7$  мкг/г - скорцонера і  $2,2 \pm 0,8$  мкг/г - топінамбур). Виявляється, миш'як теж потрібен організму людини, так як він запобігає втраті фосфору. Відомо, що деякі форми алергії можуть бути викликані дефіцитом миш'яку в організмі. Миш'як затосовують при анемії, для підвищення апетиту.

Таким чином, очевидно, що ті чи інші елементи, які входять до складу різних інулінів мають корисну дію і досить часто доповнюють дію самих інулінів.

Інше питання, яке постає в процесі розробки технології фруктанів: як впливає додаткова очистка на макроелементний склад інуліну. Тому був проведений наступний експеримент: зразок інуліну очищали від мінеральних домішок в декілька стадій :

Розчинення → фільтрація → іонообмінна хроматографія на аніоніті АВ-17-2В → кристалізація → фільтрація → сушка.

У взятих і одержаних зразках проводили порівняльний аналіз вмісту деяких мікро та макро елементів до і після очистки. Результати наведені в табл.3.20.

Табл. 3.20.

Вміст макроелементів у зразках інуліну до і після очистки.

	До очистки	Після очистки
К мг/кг	550	20
Na мг/кг	200	125
Ca мг/кг	920	< 5
Mg мг/кг	175	< 5
N мг/кг	1600	< 100

Із даних, наведених в табл.3.20. очевидно, що очистка аніонітом практично видаляє із одержаного продукту всі корисні мікро та макро елементи.

Із наведених вище даних очевидно, що можливо видаляти мікро- та макро елементи з інулінів за допомогою додаткової очистки, але особливої необхідності в цьому немає, особливо якщо прийняти до уваги той факт, що перекристалізація та іонна очистка призводить до часткової деструкції кінцевого продукту див. Розділ 3. п. 3.3.2.

Крім того, мікро- та макроелементи позитивно впливають на функціональну дію організму і тому видаляти їх недоцільно як з економічної, так і з точки зору збалансованого і раціонального харчування.

### 3.4. Дослідження умов осадження фруктанів

Виходячи з досліджень якісного та кількісного складу натуральних соків інулінвмісної сировини, можна вважати що основними чинниками, які впливають на осадження високомолекулярного (ВМ) інуліну, є наступні:

- температура;
- концентрація моно-, ди- та трисахаридів;
- концентрація низькомолекулярного інуліну (НМ) СП 4-8;
- концентрація речовин білкової природи;
- концентрація пектинових речовин;
- концентрація ВМ інуліну;
- час осадження;
- концентрація дегідратантів;
- рН розчину.

З метою визначення міри впливу кожного з вищезначених чинників на осадження ВМ інуліну нами були проведені такі дослідження.

Що стосується впливу часу осадження та концентрації етанолу на осадження ВМ інуліну в залежності від його концентрації у вихідному розчині, то частково такі дослідження були проведені раніше [234], і цей вплив характеризували прямопропорційною залежністю. Але в силу того, що на той час не було сучасної класифікації фруктанів групи інуліну (поділ на олігофруктозу, низькомолекулярний та високомолекулярний інуліни), а розрізняли тільки олігофруктозу та інулін (при цьому інуліном вважали всі фруктани із СП  $\leq 50$ д., а максимальним СП молекули інуліну вважався 33), то проведені дослідження стосувалися лише інуліну, одержаного із топінамбуру і цикорію, середній СП якого, в силу особливостей застосованих на той час

технологій, не перевищував 20 од. В даній роботі ми досліджували можливість одержання фруктанів із середнім СП 25 та вище.

### 3.4.1. Визначення впливу температури на осадження високомолекулярного інуліну.

Для визначення впливу температури на осадження ВМ інуліну [235,236,237] брали 10 проб по 100 мл 10% розчину ВМ інуліну (середній СП 24-26 од.). Першу пробу заморожували при температурі  $-10^{\circ}\text{C}$ , другу видержували при температурі  $5^{\circ}\text{C}$ , останні 8 проб видержували відповідно при температурах 10,15,20 -  $45^{\circ}\text{C}$ .

Всі проби залишали на 24 год, після чого осад, що утворився у кожній пробі, відфільтровували на беззольних фільтрах і, після висушування до постійної ваги при температурі  $25^{\circ}\text{C}$ , зважували. Одержані дані приведені на рис.3.18. Середньостатистична похибка результатів -  $\pm 4\%$ .

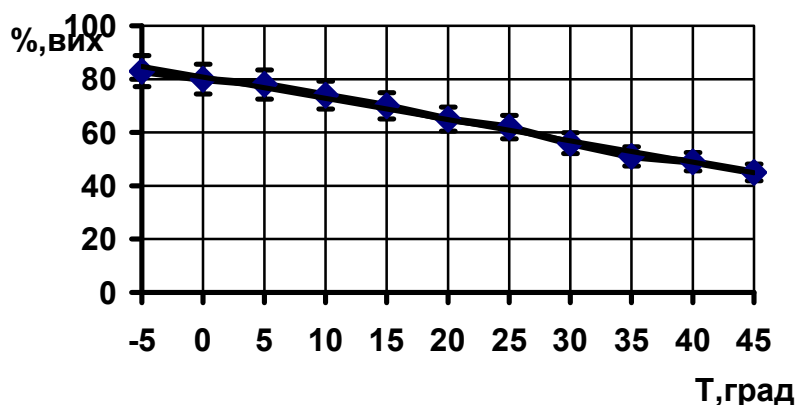


Рис.3.18. Вплив температури на кількісне осадження інуліну.

Відмічено, що з підвищенням температури осадження, вихід кінцевого продукту знижується, а ССП фруктанів, одержаних при вищих температурах збільшується. Це можна пояснити тим, що розчинність моно-, ди-, три-, та НМ фруктанів різко зростає з підвищенням температури, тоді як ВМФ із ССП 25 і вище тільки починають розчинятися.

### **3.4.2.Визначення умов осадження ВМ інуліну в присутності моно, дицукрів та НМ інуліну.**

Для визначення оптимальних умов осадження ВМ інуліну в присутності моно, ди- та НМ інуліну в залежності від їх концентрації в робочому розчині, було поставлено серію дослідів:

- в присутності глюкози;
- в присутності цукрози;
- в присутності НМ інуліну.

Дослідження проводились за такою схемою:

У випадку з глюкозою брали 20 г ВМ інуліну із середнім СП 30 на 100 мл дистильованої води і розчиняли при 70°C. Паралельно готували розчин глюкози 20 г на 50 мл води. Розчин інуліну розділили на 10 порцій по 10 мл і послідовно, по наростаючій, додавали відповідно 1, 2, 3 - 10 мл розчину глюкози до кожної проби.

Всі зразки поміщали в холодильну камеру при температурі 3-5°C на 24 год. Після закінчення терміну витримування на холоді осад, що утворився, відфільтровували на вакуум-фільтрі через беззольний папір. Осад висушували при температурі 20-25°C та інтенсивному вентиляванні і зважували.

У випадках з фруктафітом (НМ інулін) та цукрозою застосовувалася та ж сама схема, лише контрольні розчини НМ інуліну і цукрози готувалися з розрахунку 50 г на 100 мл води. Середньостатистична похибка результатів - ± 11%.

Дані досліджень наведені на рис.3.19., 3.20. та 3.21.

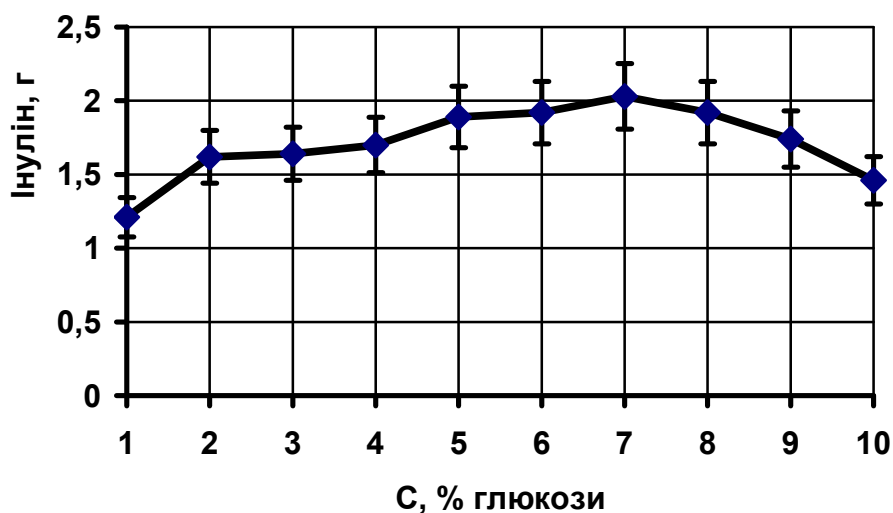


Рис.3.19. Осадження ВМ інуліну з розчинів глюкози різної концентрації.

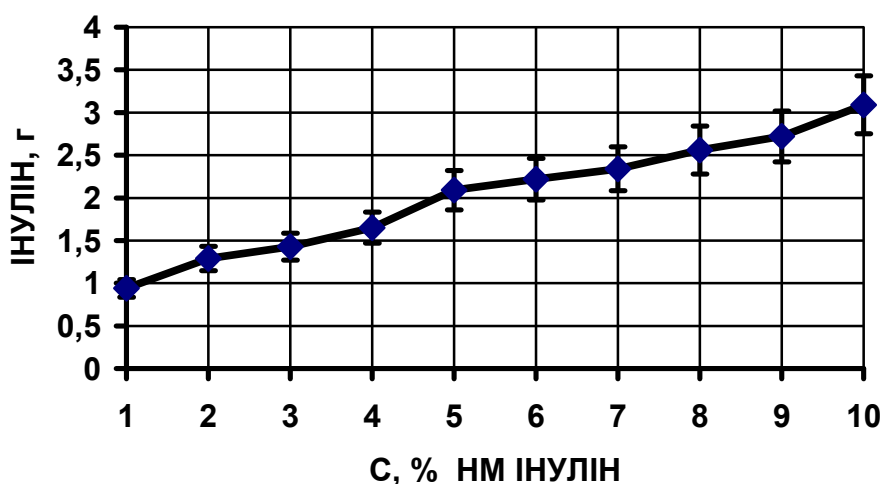


Рис.3.20. Осадження ВМ інуліну з розчинів НМ інуліну різної концентрації.

Вплив пектинових та речовин білкової природи на осадження ВМ інуліну в умовах виробництва можна вважати незначним по наступних причинах. Одержання натурального соку ведеться пресовим методом, або методом центрифугування за «холодною» технологією і за таких умов перехід пектинових речовин зовсім незначний - до 0,1% по масі соку і суттєво впливати на процес седиментації ВМ інуліну не може. Що ж до речовин білкової природи, то вони після короткочасної обробки гострим паром коагулюють і

повністю співосаджуються з ВМ інуліном, виступаючи ініціатором кристалізації ВМ інуліну.

З отриманих даних можна зробити висновок, що глюкоза при низьких та високих концентраціях до 7 % та вище 7 % утримує ВМ інулін в розчині, тоді як НМ інулін співосаджуються з ВМ інуліном з ростом його концентрації в розчині.

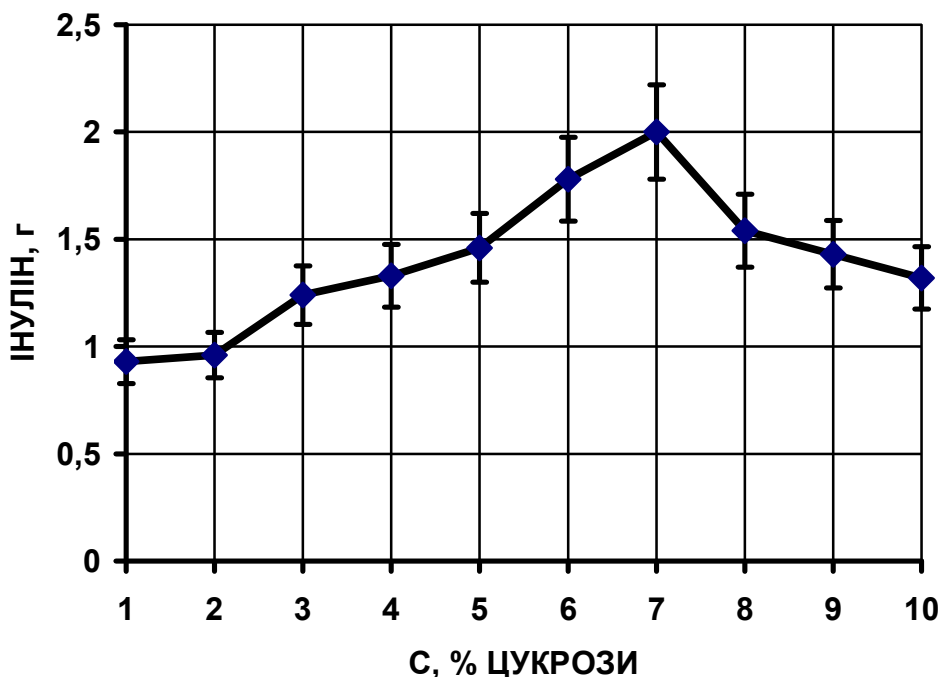


Рис.3.21.Осадження ВМ інуліну з розчинів цукрози різної концентрації.

Що стосується цукрози, то вона веде себе в інулінових розчинах двояко: при низьких концентраціях не впливає на осадження, при збільшенні концентрації від 3 до 7 % співосаджується з ВМ інуліном (до 20 % цукрози від маси внесеної в розчин), а при концентрації більше 7% маса цукрози, що співосаджується з ВМ інуліном, знижується. Тому сказати, що цукроза дає стабілізуючий ефект по відношенню до інуліну, не можна.

### 3.4.3. Визначення впливу терміну осадження на вихід високомолекулярних фруктанів

Одним із важливих факторів, які впливають на осадження ВМФ, є час осадження. З метою визначення оптимального часу осадження було проведено ряд дослідів.

Вплив часу осадження на вихід ВМФ із соків, отриманих із інулінвмісної сировини, досліджувався наступним чином:

Сік із 10 кг свіжовикопаної сировини (бульби топінамбуру, коріння цикорію, кульбаби, лопуха або скорцонери) відділяли на соковижималці і фільтрували через бельтинг. З отриманого соку відбирали 7 проб по 100 мл і поміщали в холодильну камеру при температурі 0°C. Час осадження: 1-ша проба – 2год, 2-га – 4год, 3-тя – 6год, 4-та – 8год, 5-та – 10год, 6-та – 12год та 7-му пробу видержували до повного осадження фруктанів.

Після витримування отриманий осад кожної проби відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували при кімнатній температурі до постійної ваги. Кількість осадженого ВМІ визначали ваговим методом. На прикладі першої проби:

Виходячи із чистоти нормального соку 85%, розраховували вихід ВМІ:

СР нормального соку – 22, Дб =85%, кількість вуглеводів у соці:

$$* K = \frac{22 \times 85}{100} = 18,7 \text{ гр.} \quad (5)$$

Після висушування осаду першої проби одержано 1,3 грам інуліну, звідси вихід складає:

$$\text{Вих, \%} = \frac{1,3 \times 100}{18,7} = 6,95\% \quad (6)$$

Дані, отримані в результаті аналізу всіх проб, приведені в табл.3.21.



Табл.3.21.

Вихід ВМІ із нормального соку в часі осадження.

№ проби	СР норм.соку	К-ть осадженого інуліну, грам	Вихід, %
1	22	1,3	6,95
2	22	2,5	13,37
3	22	3,4	18,18
4	22	4,6	24,60
5	22	5,8	31,02
6	22	6,8	36,36
7	22	7,2	38,50

Для визначення молекулярно-масового розподілу фруктанів, які осаджуються за різні проміжки часу, одержані наважки ВМФ кожної проби розчиняли у дистильованій воді до концентрації 5% і проводили гель хроматографію на сефадексі G-50. Одержані хроматограми приведені на рис.3.21., 3.22. - 3.27.

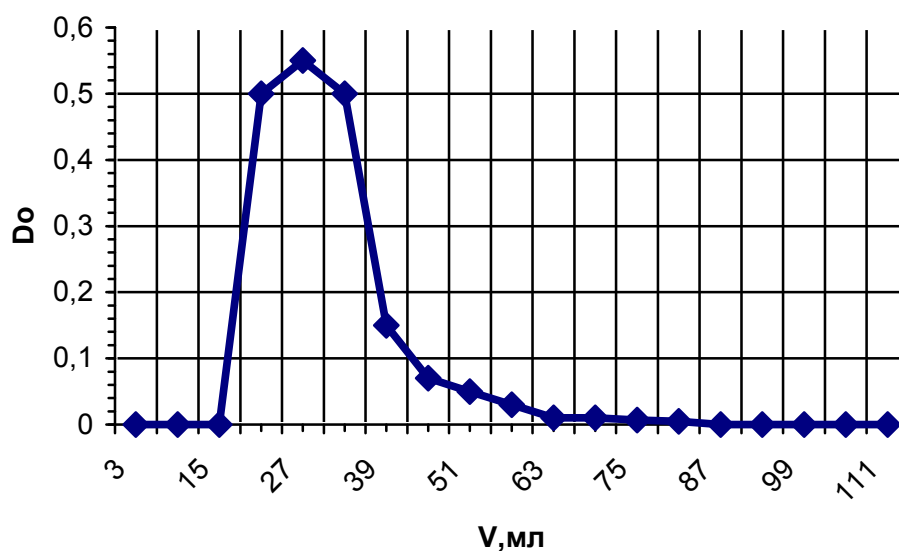


Рис.3.21. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 2-х годин осадження;

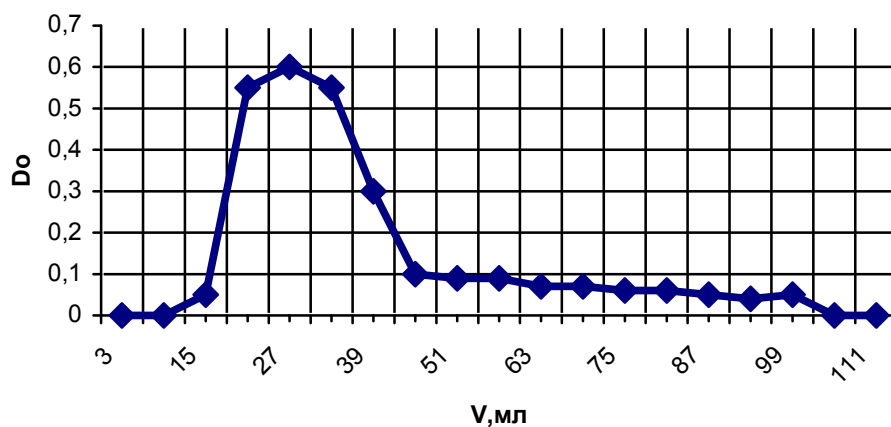


Рис.3.22. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 4-х годин осадження;

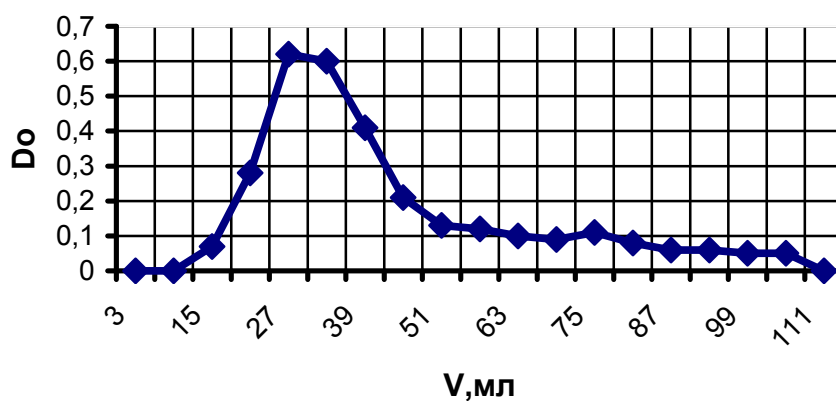


Рис.3.23. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 6-ти годин осадження;

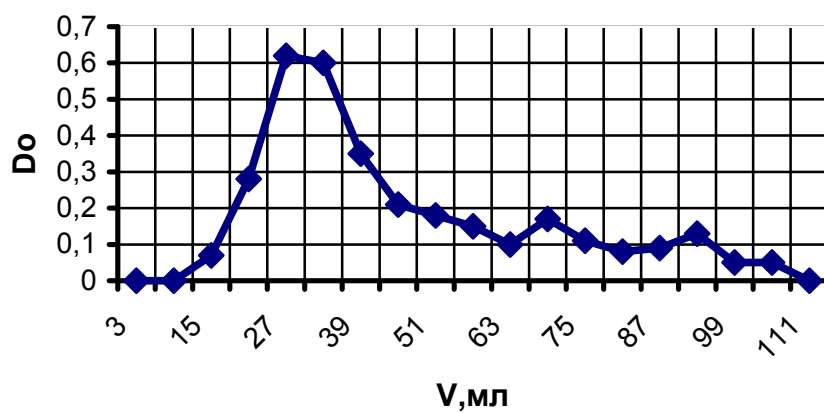


Рис.3.24. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 8-ми годин осадження;

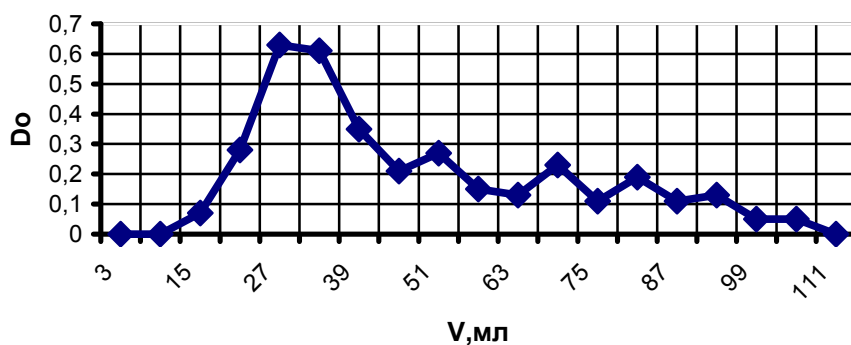


Рис.3.25. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 10-ти годин осадження;

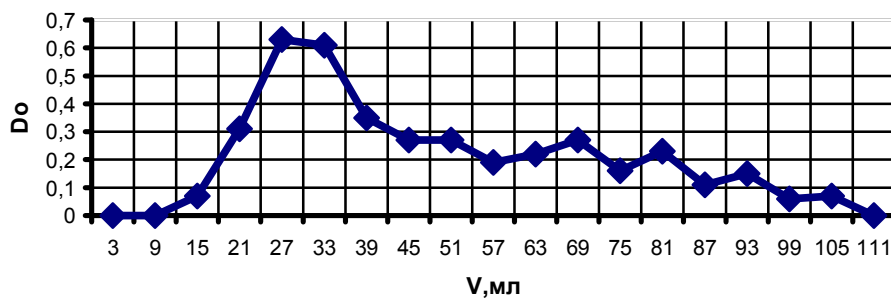


Рис 3.26. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 12-ти годин осадження;

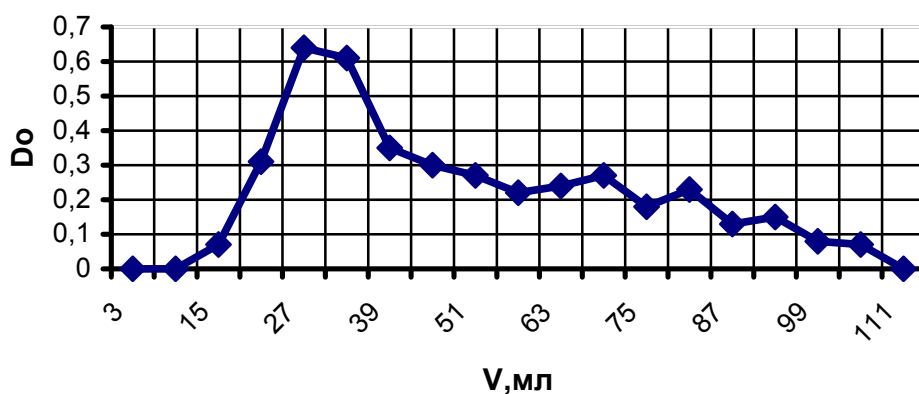


Рис.3.27. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після повного осадження;

Аналіз одержаних гельхроматограм показує, що після 2-х год (рис.3.21.) осадження, починають випадати в осад фруктани із молекулярною масою >3500

і завершується цей процес після 8-ї години (рис.3.24.), про що свідчить пік 9-ї проби, висота якого не змінюється на рис.3.25. – 3.27. Фруктани із молекулярною масою 2500-3500 починають осаджуватись через 4 години витримування (рис.3.22.) і завершується процес через 10 годин, про що свідчать сталі піки 13-21 на рис.3.26., 3.27.. Загальний висновок – для практично повного осадження ВМФ із нормальних соків фруктанвмісної сировини, достатньо 12-ти годин видержування при температурі 0°C.

Для порівняння, а також для визначення впливу забрудненості нецукрами вихідного розчину на динаміку осадження ВМФ, процес осадження було проведено на модельних розчинах. Готували 10%-ний розчин ВМФ у дистильованій воді і проводили осадження. Осад ВМІ відфільтровували через дві, вісім та дванадцять годин. Кількість осадженого ВМІ визначали ваговим методом, аналогічно як і для випадку із соками, Дб розчину приймали 100%. Одержані дані приведені у табл.3.21.

Низький вихід ВМФ із нормального соку інулінвмісної сировини, порівняно із модельними (табл.3.21.,3.22.), обумовлений підвищенням вмістом речовин білкової природи у соках інулінвмісної сировини, які обумовлюють підвищену густину, а також за рахунок процесів конденсації, утримують ВМФ у розчині.

Табл.3.22.

Вихід ВФІ із модельного розчину в часі осадження.

№ проби	СР розчину	К-ть осаду, грам	Вихід, %
1	10	5,8	58
2	10	9,0	90
3	10	9,8	98

Для визначення якісного складу осадженого ВМІ готували 2,5% розчин ВМІ кожної проби і проводили гел'єхромотографію на сефадексі G-50. Одержані результати приведені на рис. 3.28 - 3.30.

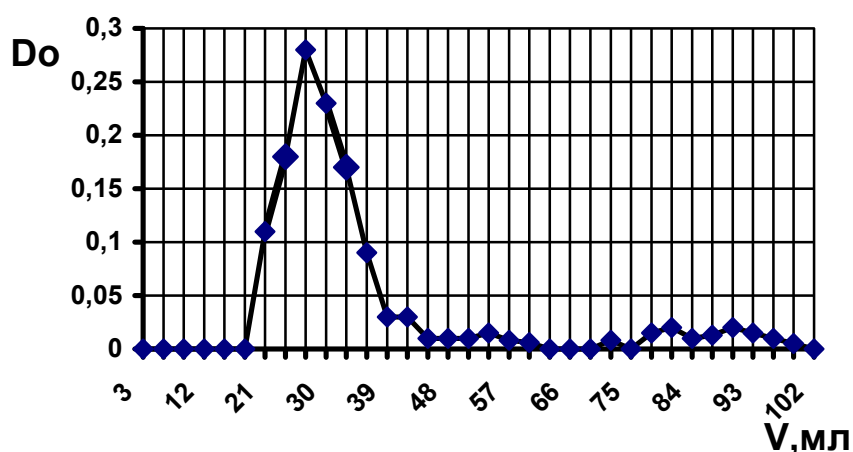


Рис.3.28. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 2-х годин осадження інуліну із модельного розчину.

Проведені дослідження показали, що для повного осадження ВМІ із водних розчинів достатньо 12-ти годин видержування при температурі 0°C.

Послідовно відфільтровуючи осаджений ВМІ через кожні дві години осадження із однієї проби, можливо фракціонувати фруктани.

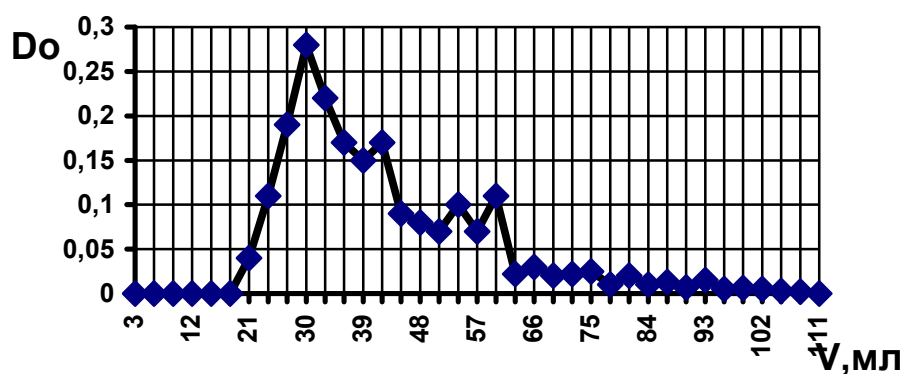


Рис.3.29. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після 8-ми годин осадження інуліну із модельного розчину

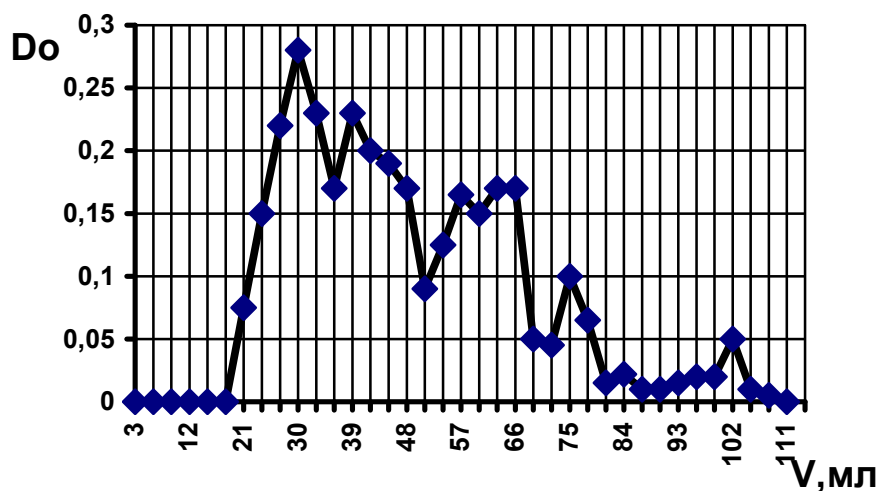


Рис.3.30. Гельхроматограма ВМІ, одержаного після повного осадження інуліну із модельного розчину

### 3.4.5. Визначення впливу рН середовища на седиментаційні властивості та кількісне осадження інуліну

Для проведення експерименту було приготовано 7 проб. Проби готували наступним чином: 10 г інуліну із ССП 25 заливали 70 мл дистильованої води. Інулін набухав протягом 2-х діб, після чого його розчиняли при  $t = 75^{\circ}\text{C}$ . Отримані розчини охолодили, довели до об'єму 80 мл і за допомогою 0,1н НСL та NaOH в пробах було змінене рН середовища від 4 до 10. Об'єм суспензій в стаканах було доведено до 100 мл, перевірено рН і залишено для контролю на 24 год.

Після контролю знову перевірено рН і де потрібно, проведена незначна корекція.

Отримані суспензії були перенесені в мірні циліндри на 100 мл з ціною поділок 1 мл і протягом 8год проведено спостереження за седиментаційною здатністю інуліну при різних рН середовища.

Після 24-годинного видержування, суспензії було перенесено в центрифужні стакани, і осаджено інулін при частоті обертання ротора центрифуги 3000 об/хв..

Одержаний вологий інулін було висушено при  $t = 65^{\circ}\text{C}$  протягом 3 діб.

Одержані результати приведені в табл.3.23.

Табл.3.23.

Залежність швидкості седиментації та виходу інуліну від рН середовища.

рН	Об'єм суспензії (см <sup>3</sup> ) в залежності від часу седиментації, год										Вихід інулін, грам
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	24	
3,95	100	94	90	85	81	76	72	65	61	55	5,14
5,10	100	92	86	78	72	66	58	49	43	43	3,89
6,05	100	99	90	70	58	47	36	32	32	32	3,49
7,00	100	99	90	85	80	75	70	63	59	47	3,83
8,05	100	99	86	75	67	60	52	45	44	44	4,40
8,92	100	99	89	82	76	71	65	57	53	53	4,78
10,0	100	99	93	89	84	80	75	68	63	54	4,45

Аналіз одержаних даних показує, що, рН середовища в незначній мірі впливає на швидкість седиментації інуліну, проте значно впливає на кількість осадженого інуліну. При нейтральному, або близькому до нього рН 6-8 вихід інуліну на 20-30% нижчий ніж при кислому 4 та лужних 8-10 значеннях рН.

### 3.5. Дослідження одержання фруктанів із заданою молекулярною масою.

При дослідженні процесів осадження інуліну, було відмічено, що фракції інуліну з більшою молекулярною масою (ММ) осаджуються швидше, тоді як низькомолекулярні інуліни довший час знаходяться у розчині [238]. Тому було зроблено припущення, що створивши умови, при яких інулін починає випадати

в осад і поступово в часі відбирати інулін, який переходить у нерозчинний стан, можна фракціонувати фруктани, одержуючи при цьому інуліни із різною ММ.

Порушити рівновагу розчину інуліну і осадити його можна різними методами: охолодження розчинів, концентрування, використання дегідратантів.

В даній роботі досліджувалась можливість фракціонування інуліну етиловим спиртом. Цей дегідратант був вибраний по ряду причин:

- він є нетоксичним та дешевим;
- при збільшенні концентрації етилу у водних розчинах інуліну, інулін інтенсивно осаджується;
- при деяких концентраціях етилу у водних розчинах інуліну він може виступати у якості стабілізатора.

Метою даних досліджень було визначення умов осадження ВМ інуліну в часі в залежності від довжини фруктофуранозного ланцюга в присутності етилового спирту.

Аналіз якості отриманої фракції інуліну проводили за допомогою молекулярних сит (Sefadex-50) та методики, розробленої Селівановим, яка базується на властивості резорцину утворювати з фруктозою забарвлені розчини.

Калібрування колонки, заповненої полімером декстрану Sefadex-50, проводили фруктозою, сахарозою, рафінозою та інуліном. Елюювання речовин з колонки здійснювали 0,05%-ним розчином кухонної солі.

Було встановлено, що основними факторами, які впливають на осадження ВМФ, є концентрація розчину інуліну, концентрація дегідратанта та тривалість процесу.

Так концентрація розчину інуліну, який використовують для фракціонування повинна бути не меншою 10%, так як при її збільшенні, ВМФ самочинно осаджується незалежно від концентрації дегідратанта.

У випадку використання етилового спирту як дегідратанта, його концентрація не повинна перевищувати 25%, так при вищій концентрації



етилового спирту досягається повне осадження ВМФ. Тому були вибрані три концентрації етилу – 10% - мінімально можлива, 25% - максимально можлива і 20% - проміжна концентрація.

Зразок для проведення досліджень готували наступним чином: наважку 30 г ВМ інуліну із визначеним гел'єхромотографічно фракційним складом (вихідний інулін), розчиняли у 270 мл дистильованої води. Отриманий 10%-ний розчин інуліну протягом 20 хвилин витримували при температурі +70°C і нерозчинну білкову масу відділяли від розчину за допомогою центрифугування. Розділяли зразок на три частини і в кожену добавляли 96%-ний етиловий спирт з розрахунку утворення 25%, 20%-ного та 15%-ного спиртового розчину. Отримані суміші витримували певний час до появи осаду, який видаляли з розчину за допомогою центрифугування. Отриманий на 30-ій хв осад досліджували гел'єхромотографічно за допомогою Sefadex-50, а декантат залишали знову для отримання чергової порції осаду інуліну. Відбори проб для всіх зразків проводили через 30 хв, 3 год і 14 год.

Такі часові проміжки обумовлені швидкістю осадження інуліну – через 30 хв викристалізовується тільки інулін із молекулярною масою > 3500, далі, за нашими припущеннями, повинен кристалізуватися інулін із ММ 2500-3500. 14 год витримання розчину вибраний тому, що навіть без дегідратанта за такий строк інулін повністю осаджується і ми отримали змогу проаналізувати ММ розподіл низькомолекулярних фракцій вихідної суміші інулінів.

Результати гел'єхромотографічних досліджень осадів інуліну зразків 25%, 20% і 15%-их концентрацій етанолу представлені в таблицях 3.23 - 3.25, і на рис. 3.31 - 3.33.

Таблиця 3.24.

Осадження інулїну в 25%-ному розчинї етилового спирту.

Аналіз елюатів з колонки, заповненої Sefadex-50 в залежності від тривалості процесу висадження								
№ п/п	вихідний їнулін		Через 30хв		Через 3год		Через 14год	
	V, мл	D	V, мл	D	V, мл	D	V, мл	D
1	43	0.003	39	0.000	40	0.002	40	0.001
2	45	0.005	43	0.004	44	0.004	44	0.006
3	47	0.014	45	0.008	46	0.012	46	0.015
4	50	0.018	46	0.009	48	0.045	48	0.021
5	52	0.031	48	0.006	51	0.052	50	0.035
6	54	0.037	50	0.013	54	0.058	52	0.043
7	56	0.051	53	0.015	58	0.054	54	0.027
8	58	0.045	56	0.017	62	0.062	56	0.026
9	60	0.068	59	0.027	63	0.047	58	0.047
10	62	0.077	62	0.018	64	0.040	60	0.061
11	64	0.053	65	0.019	66	0.040	62	0.057
12	67	0.031	71	0.023	68	0.029	65	0.026
13	70	0.022	75	0.017	70	0.026	68	0.036
14	73	0.01	78	0.013	72	0.015	71	0.030
15	76	0.003	82	0.01	74	0.021	73	0.016
16	78	0.003			77	0.015	75	0.024
17	80	0.002			80	0.010	78	0.005

## Осадження інуліну в 20%-ному розчині етилового спирту

Аналіз елюатів з колонки, заповненої Sefadex-50 в залежності від тривалості процесу висадження								
№ п/п	вихідний інулін		Через 30хв		Через 3год		Через 14год	
	V, мл	D	V, мл	D	V, мл	D	V, мл	D
1	43	0.000	35	0.000	40	0.002	40	0.001
2	45	0.005	43	0.002	44	0.010	44	0.007
3	47	0.014	45	0.007	46	0.052	46	0.017
4	50	0.017	46	0.003	48	0.065	48	0.021
5	52	0.029	48	0.006	51	0.052	50	0.033
6	54	0.034	50	0.011	54	0.058	52	0.044
7	56	0.047	53	0.018	58	0.054	54	0.029
8	58	0.041	56	0.019	62	0.060	56	0.076
9	60	0.068	59	0.026	63	0.045	58	0.050
10	62	0.071	62	0.020	64	0.044	60	0.062
11	64	0.056	65	0.017	66	0.040	62	0.059
12	67	0.041	71	0.021	68	0.019	65	0.029
13	70	0.025	75	0.010	70	0.026	68	0.039
14	73	0.009	78	0.010	72	0.017	71	0.030
15	76	0.005	82	0.009	74	0.022	73	0.018
16	78	0.003			77	0.014	75	0.030
17	80	0.005			80	0.010	78	0.024

Таблиця 3.26.

Осадження інулїну в 15%-ному розчинї етилового спирту.

Аналіз елюатів з колонки, заповненої Sefadex-50 в залежності від тривалості процесу висадження								
№ п/п	вихідний їнулін		Через 30хв		Через 3год		Через 14год	
	V, мл	D <sub>0</sub>	V, мл	D <sub>0</sub>	V, мл	D <sub>0</sub>	V, мл	D <sub>0</sub>
1	43	0.003	35	0.000	45	0.003	46	0.003
2	46	0.006	43	0.002	49	0.005	49	0.005
3	49	0.011	45	0.007	53	0.017	52	0.006
4	52	0.015	46	0.003	56	0.039	55	0.012
5	55	0.014	48	0.006	59	0.030	58	0.012
6	58	0.029	50	0.011	62	0.027	61	0.027
7	61	0.055	53	0.018	65	0.044	67	0.057
8	64	0.063	56	0.019	68	0.040	70	0.059
9	67	0.041	58	0.026	71	0,035	73	0.048
10	70	0.033	61	0.020	74	0.022	76	0.039
11	73	0.041	65	0.017	77	0.013	79	0.033
12	76	0.028	70	0.021	81	0.011	85	0.019
13	79	0.013	76	0.010	85	0.007	90	0.013
14	85	0.008	80	0.010	92	0.006		
15	90	0.004	83	0.009	94	0.004		

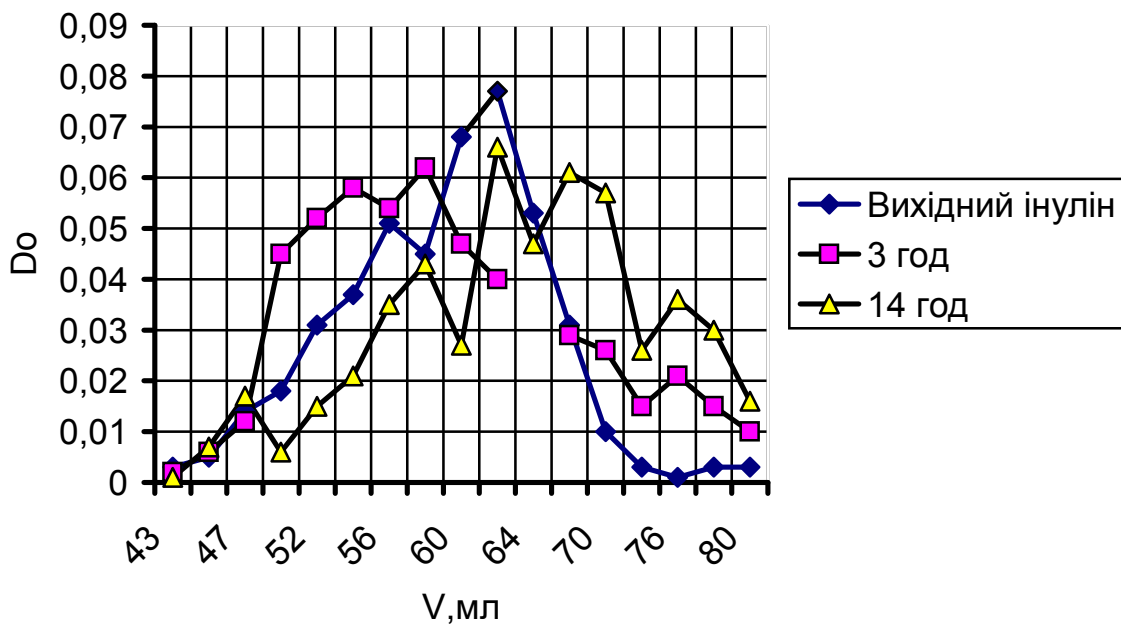


Рис.3.31. Гельхроматограми інулінів, одержаних із 25% розчину етилового спирту в часі.

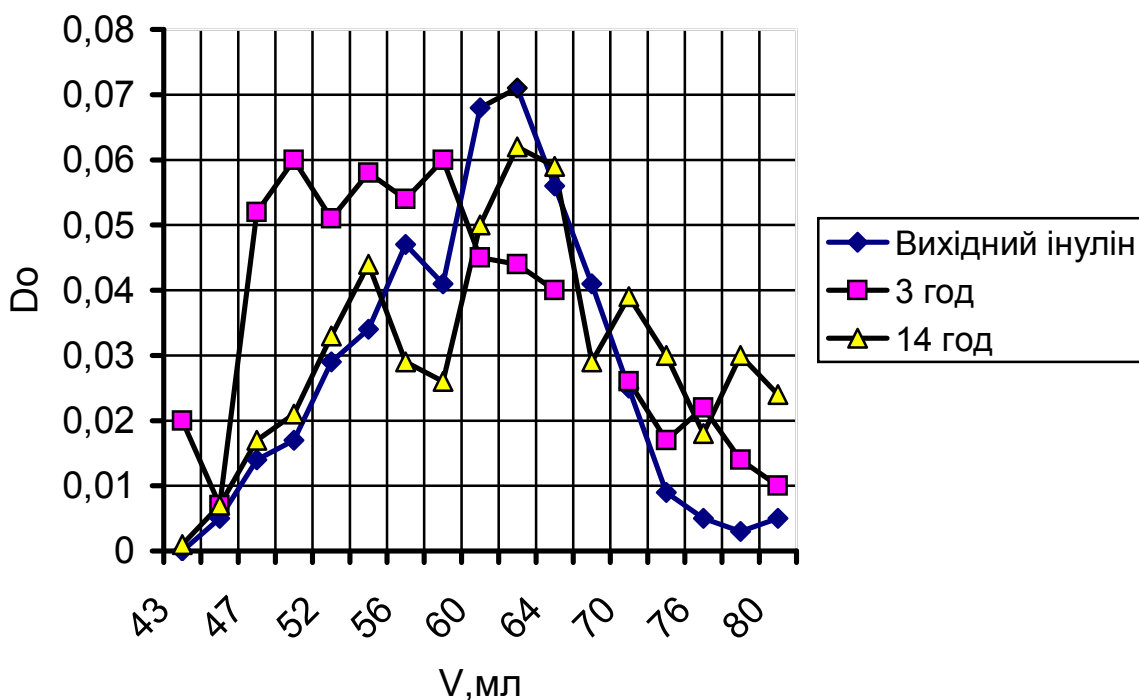


Рис.3.32. Гельхроматограми інулінів, одержаних із 20% розчину етилового спирту в часі.

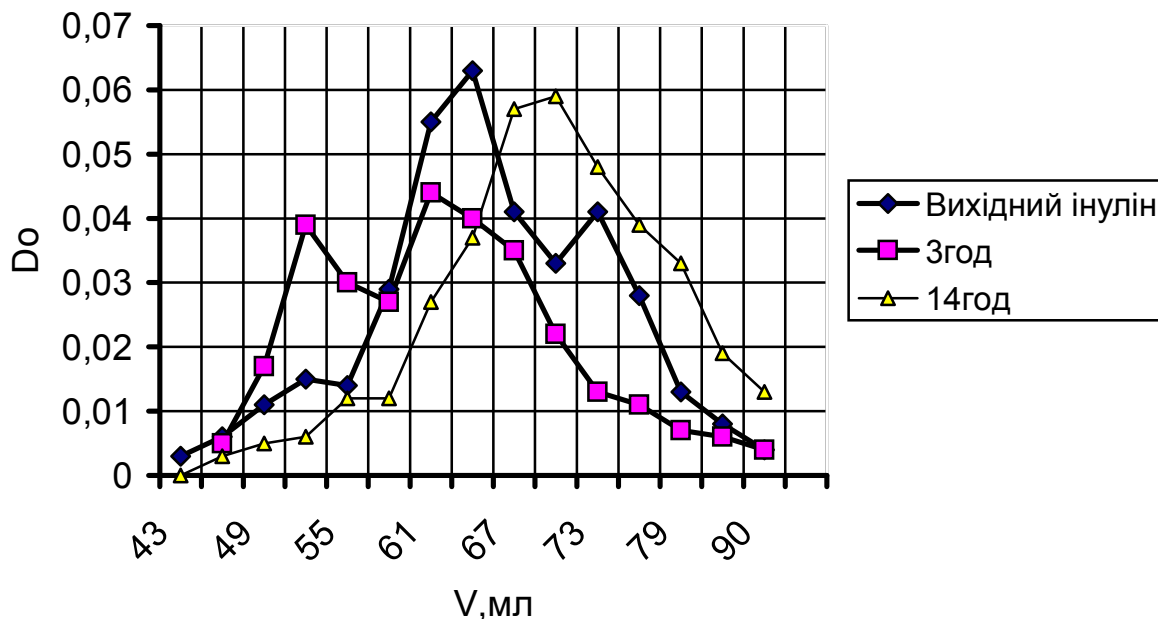


Рис.3.33. Гельхроматограми інулінів, одержаних із 15% розчину етилового спирту в часі.

Як показує аналіз гельхроматограм (рис.3.31 - 3.33.), під впливом дегідратантів, незалежно від їхньої концентрації у вихідному розчині, у першу чергу в осад переходить інулін із більшою молекулярною масою (гельхроматограми інулінів, одержаних після 3-х год (рис.3.31-33.)), про що свідчить зміщення кривих гельхроматограм вліво по осі X відносно гельхроматограми вихідного інуліну та вищі значення  $D_o$  на 51-55 мл. Далі в осад після 14-ти год осадження переходять низькомолекулярні фракції вихідного інуліну, про що свідчать вищі значення  $D_o$  на 70-80 мл на кривих «14год» рис.3.31-33., у порівнянні з кривою вихідного інуліну.

Таким чином, для успішного вирішення питання фракціонування суміші інулінів, з метою одержання фракцій із більшим або меншим середнім СП, необхідними умовами є:

- застосування дегідратанта у невеликих кількостях, для пришвидшення процесу осадження високомолекулярних фракцій, при цьому вплив низьких концентрацій дегідратанта на пришвидшення осадження низькомолекулярних фракцій є незначним;

- застосування дегідратанта у великих концентраціях призводить до швидкого і повного осадження всієї суміші вихідного інуліну, що унеможлиблює відбір потрібних фракцій;

- при відборі фракцій із зразка слід керуватися принципом – чим скоріше відібрана проба, тим вищий її середній ступінь полімеризації;

- температура розчину вихідного інуліну, із якого відбираються потрібні фракції, повинна бути вище 0°C, і обов'язково постійною, так як зниження температури, а тим більше заморожування розчину ВМІ, також має дегідратантні властивості і може приводити до не бажаного співосадження ВМ і НМ фракцій інуліну.

### **3.6. Розчинність фруктанів.**

В результаті одержання високомолекулярного інуліну із ступенем полімеризації  $> 60$  одиниць в процесі виконання даної роботи, була відмічена різниця у швидкості осадження інуліну із різною молекулярною масою, а саме, чим більша молекулярна маса, тим швидше з'являвся осад інуліну. Нами було зроблено припущення, що це явище зв'язане із різною розчинністю у воді інулінів різної молекулярної маси [239].

Щоб перевірити це припущення, приготували три зразки інулінів із різним молекулярно-масовим розподілом і середнім ступенем полімеризації табл.3.27., рис.3.34., 3.35. та 3.36.. Перший зразок із середнім  $СП \cong 15$ , другий  $СП \cong 25$ , третій  $СП \cong 35$ . Молекулярно-масовий розподіл та середній ступінь полімеризації підтверджували за допомогою рідинної хроматографії.

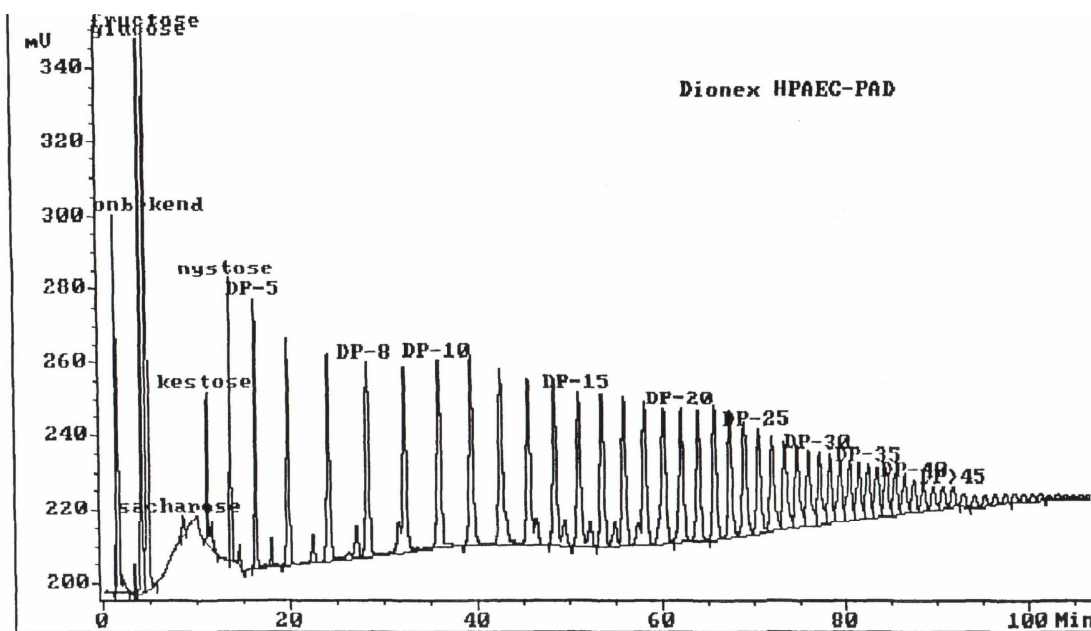


Рис.3.34. Рідинна хроматограма інуліну із ССП  $\approx 15$  од.

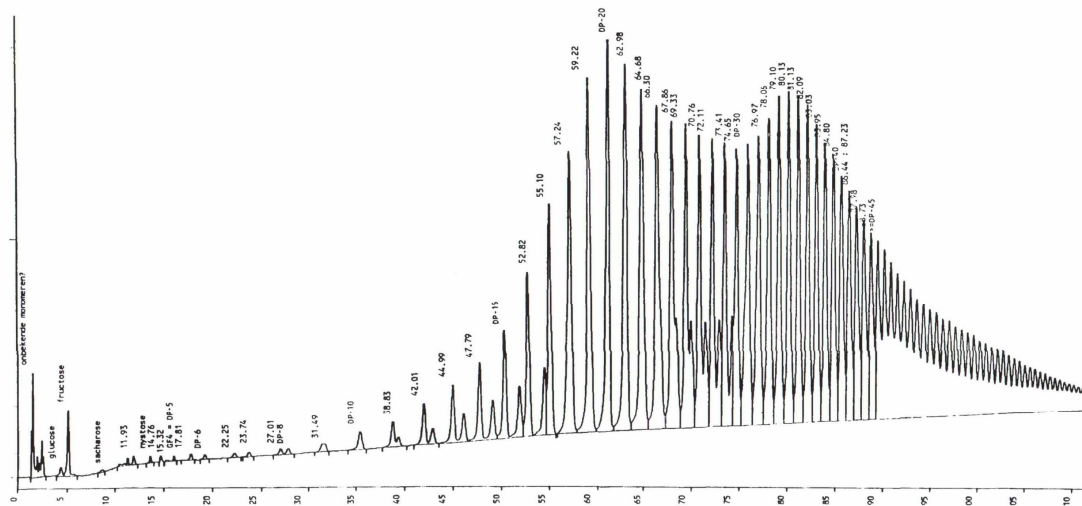


Рис. 3.35. Рідинна хроматограма ВМ інуліну із ССП  $\approx 25$  од.

В якості першого зразка був використаний інулін торгової марки “Frutafit”, виробництва Нідерланди, його геліхроматограма приведена на рис.3.34., для другого зразка використали інулін, одержаний із цикорію, та переосаджений при температурі 30°C, для максимально можливого видалення низькомолекулярних фракцій інуліну і одержання потрібного ( $\approx 25$ ) ступеня полімеризації рис.3.35., та в якості третього зразка використали інулін,



одержаний із лопуха і переосаджений при температурі 40°C для одержання потрібного ступеня полімеризації рис.3.36.

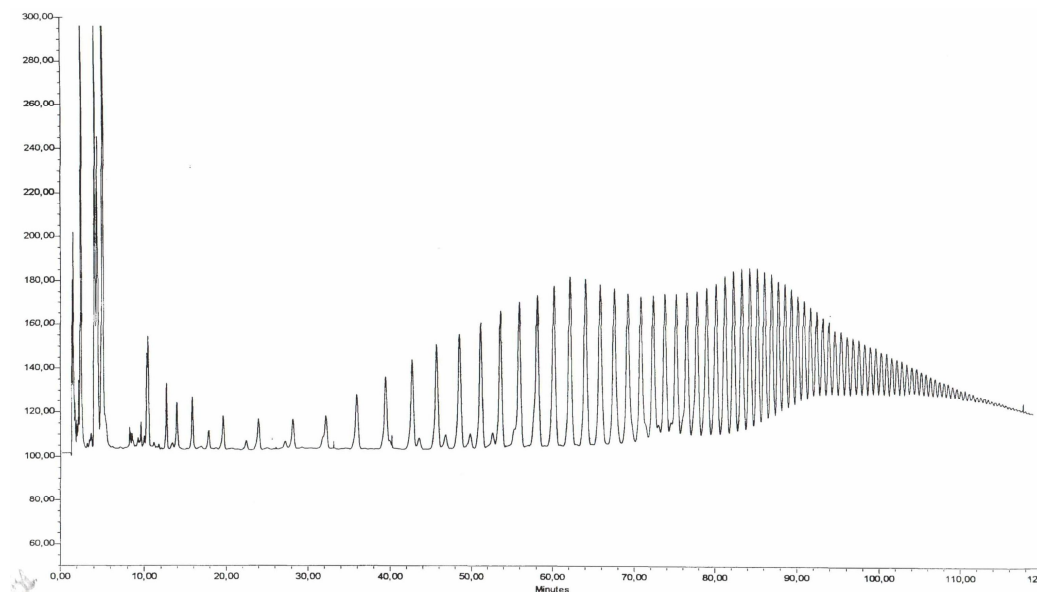


Рис.3.36. Рідинна хроматограма ВМ інуліну із ССП  $\approx 35$  од.

Результати визначення розчинності всіх зразків інулінів приведені на рис.3.37.

Табл..3.27.

Процентне співвідношення фракцій із різним СП у зразках інулінів

Фракції	Інулін ССП $\approx 15$	Інулін ССП $\approx 25$	Інулін ССП $\approx 35$
Глюкоза	0,3	0,2	0,1
Фруктоза	0,8	0,9	0,1
Цукроза	2,2	0,4	1,2
СП3-СП9	13,4	2,4	6,1
СП10-СП19	30,7	21,6	22,5
СП20-СП29	25,8	25,4	20,3
СП30-СП39	15,3	22,2	21,1
СП40-СП44	4,7	8,1	8,5
СП>45	6,8	18,8	20,1
Середній СП	15,5	25,1	34,7

Як видно із рис.3.37., розчинність інуліну із різною молекулярною масою суттєво відрізняється: низькомолекулярний інулін із  $СП \approx 15$  починає розчинятися вже при  $0^\circ\text{C}$ , інулін із  $СП \approx 25$  розчиняється при  $+10^\circ\text{C}$ , а високомолекулярний із  $СП \approx 35$  розчиняється тільки при температурі вищій, за  $+30^\circ\text{C}$ . Встановлено, що і при високих температурах різниця також зберігається: при  $+50^\circ\text{C}$  розчинність інуліну із  $СП \approx 15$  становить  $210 \text{ г/дм}^3$ ;  $СП \approx 25$  –  $83 \text{ г/дм}^3$ ; інуліну із  $СП \approx 35$  тільки  $30 \text{ г/дм}^3$  води.

На основі цих досліджень в залежності від молекулярної маси інулінів ми запропонували слідуочу класифікацію фруктанів.

1. Група інулінів із середнім ступенем полімеризації 15 – ІНУЛІД;
2. Група інулінів із середнім ступенем полімеризації 25 – ІНУЛІН;
3. Група інулінів із середнім ступенем полімеризації 35 – ІНУЛАН;

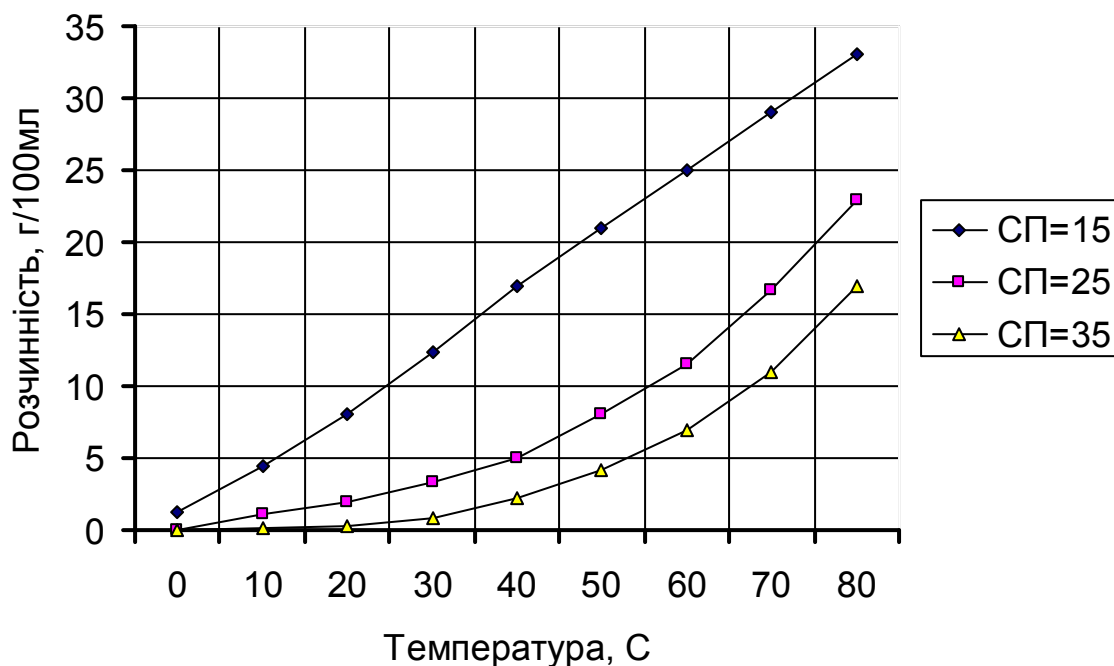


Рис.3.37. Розчинність фруктанів у воді.

### 3.7. Гідратація молекул модифікаційних форм інуліну.

У процесі одержання різних модифікаційних форм інуліну, була зроблена спроба визначити, від яких характеристик інуліну залежить різниця фізико-

хімічних властивостей  $\alpha$ - та  $\beta$ - інулінів. Так як кількісний та якісний склад цих форм при їх різних властивостях однаковий, було зроблене припущення, що їхні фізико-хімічні властивості залежать від їх просторової будови та ступеня гідратації молекул та глобул. Підтвердити це припущення стало можливим за допомогою електронної фотографії [240].

Для одержання таких фотознімків, наважку 100г інуліну із середнім ступенем полімеризації 27, розчинили у 500мл дистильованої води при температурі 50°C і охолодили. Далі пробу розділили на дві рівні частини (Проба 1 і проба 2). Пробу 1 ( $\alpha$ -інулін) помістили в холодильник при температурі 5°C і витримували до повного осадження інуліну. Процес осадження контролювали кожні 20 хв., за зміною СР міжкристального розчину починаючи із 3-ї години витримування і вели до тих пір поки СР не залишалися незмінними протягом 1-ї год. Далі осад відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували в сушильній камері при температурі 40°C.

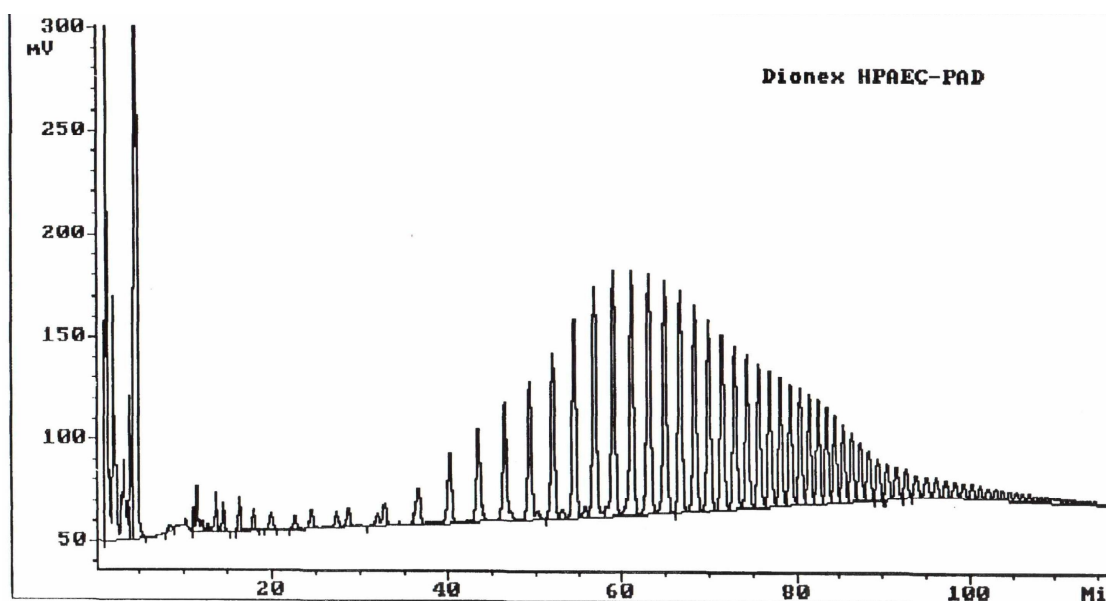


Рис.3.38. Рідинна хроматограма  $\alpha$  - інуліну.

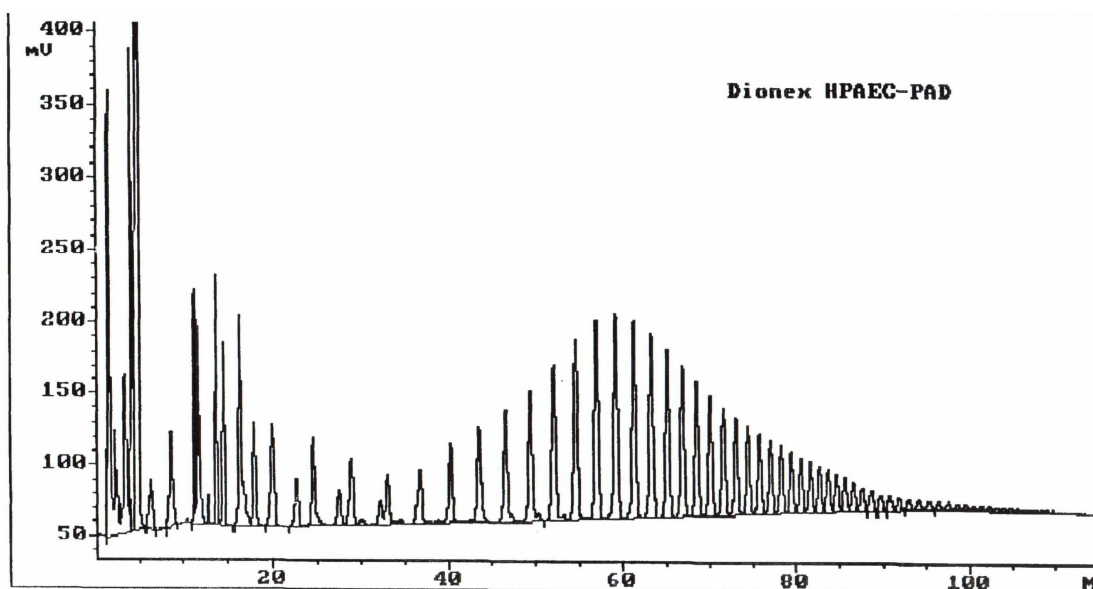


Рис.3.39. Рідинна хроматограма  $\beta$  - інуліну.

Пробу 2 ( $\beta$  – інулін) змішували із етиловим спиртом у пропорції 1:1. Витримували протягом однієї години до повного охолодження та завершення процесу осадження інуліну, осад відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували в сушильній камері при температурі 40°C.

Щоб підтвердити однаковий кількісний склад одержаних зразків, проводили рідинну хроматографію рис.3.38, 3.39..



Рис.3.40. Знімок поверхні зразка  $\beta$ -інуліну (збільшення 1x250).

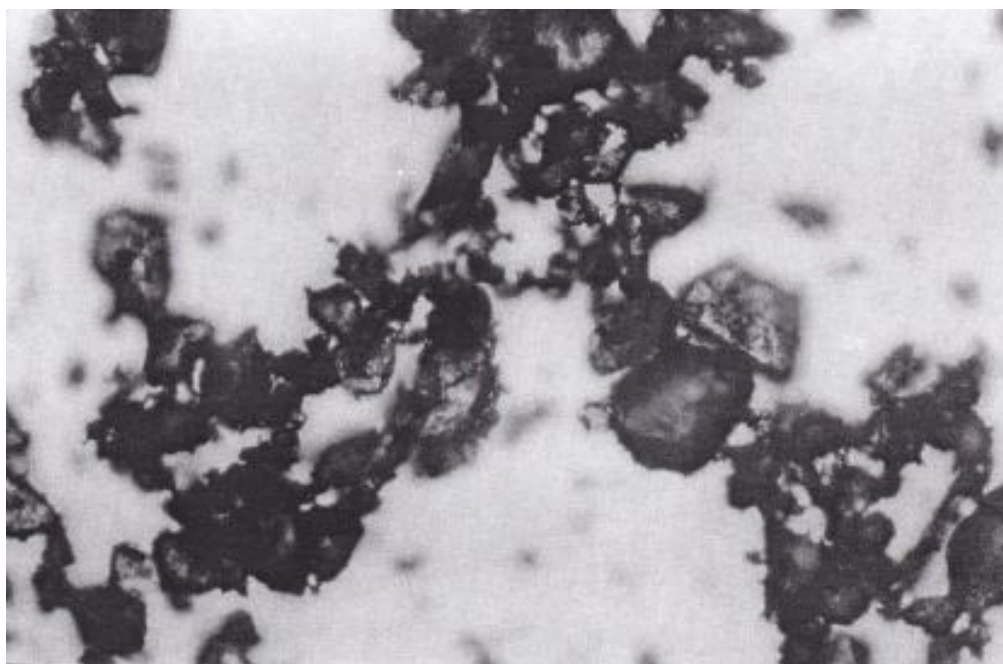


Рис.3.41. Знімок поверхні зразка  $\alpha$ -інуліну (збільшення 1x250).

Порівнюючи хроматограми, бачимо, що молекулярно масовий розподіл інуліну в обох зразках майже аналогічний. Відмічено дещо більший вміст низькомолекулярних фракцій у зразку  $\beta$  – інуліну рис.3.39., що можна пояснити нижчою розчинністю низькомолекулярного інуліну у спиртовому розчині, ніж у воді.

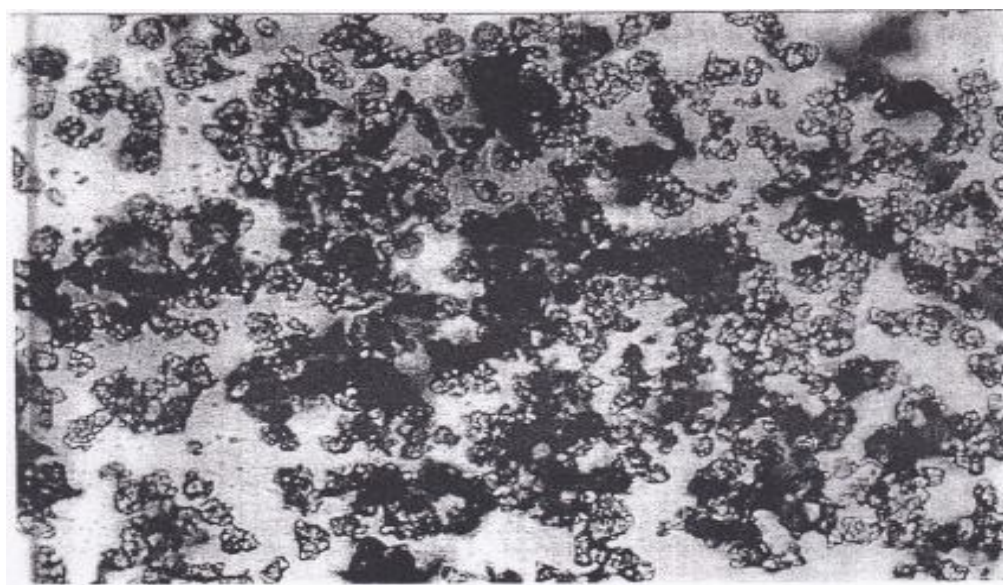


Рис.3.42. Знімок поверхні зразка  $\beta$ -інуліну (збільшення 1x400).

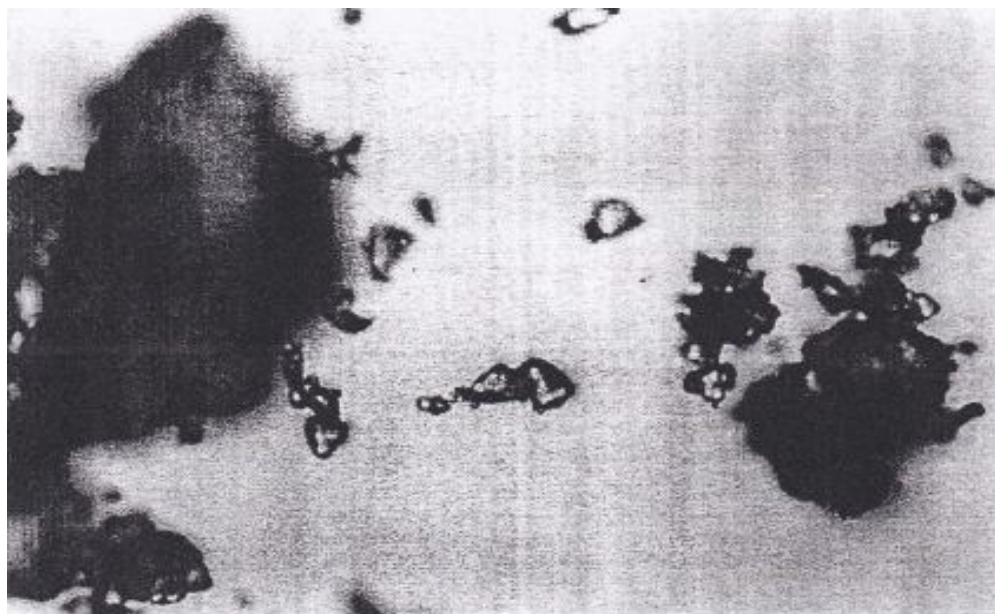


Рис.3.43. Знімок поверхні зразка  $\alpha$ -інуліну (збільшення 1x400).

Одержані суспензії модифікаційних форм інулінів фільтрували, а отримані коржі інулінів фотографували при збільшенні у 250 та 400 разів рис.3.40., 3.41., 3.42. та 3.43.

На класифікаційних ситах проводили визначення розмірів часток інуліну, а також їх процентне співвідношення у пробах, результати вимірювань приведені у табл.3.28., 3.29. Для наглядного порівняння середні результати приведені на рис.3.44.

Табл.3.28.

Розмір часток при осадженні  $\alpha$ -інуліну.

Діаметр, мкм	Вміст часток у пробі інуліну,		Середній вміст, %
	1	2	
<1	2,5	3,5	3,0
1	9,9	12,1	11,0
3	23,0	16,3	19,65
5	10,0	19,2	14,6

Продовження табл.3.28.

7	10,2	11,4	10,8
9	6,2	5,2	5,7
11	4,6	3,7	4,15
13	3,0	3,2	3,1
15	2,2	1,5	1,85
17	2,1	2,5	2,3
19	1,4	3,1	2,25
>20	24,9	18,3	21,6
<b>Середній діаметр, мкм</b>	7,43	6,92	7,175

Із табл.3.28., 3.29. та рис.3.44. видно, що відсотковий вміст часток з розміром  $> 8$  мкм, які утворюються в процесі одержання  $\alpha$ -інуліну, практично у два рази більший ніж у випадку із  $\beta$ -інуліном, тоді як відсотковий вміст часток з розміром  $< 8$  мкм, у 1,5-2 рази менший. Це можна пояснити наявністю більшої кількості кристалічної води у зразку  $\alpha$ -інуліну, за рахунок того, що при осадженні із води зразок не зазнає впливу дегідратанта, у даному випадку – етанолу, а осаджується самодовільно. Також можна припустити, що енергія поверхневого зв'язку молекула інуліну – вода набагато менша, ніж аналогічна для зв'язку етанол – вода.

Щоб підтвердити різницю у кількості кристалічної води у різних модифікаційних формах інулінів, наважки по 10 г, одержаних для фотографування зразків  $\alpha$ - та  $\beta$ -інуліну висушували в сушильній шафі до постійної ваги при температурі  $90^{\circ}\text{C}$ , так як при такій температурі висушування інулін повністю втрачає “вільну” вологу, не втрачаючи при цьому зв'язану. Зразки зважували (вага 1), після чого в сушильній шафі пінімали температуру до  $120^{\circ}\text{C}$  і знову висушували зразки до постійної ваги (вага 2). Різниця ваги 1 і ваги 2, для кожного із зразків, визначала вологість, яка співпадає із кількістю кристалічної, або зв'язаної води. Зразок  $\alpha$ -інуліну після висушування при  $90^{\circ}\text{C}$

мав вагу 9,6 г, після висушування при 120°C 8,7г, кількість зв'язаної води = різниці ваги 1 і ваги 2 = 0,9г/10г, або 9% по масі дослідного зразка, та β-інулін – вага 1 - 9,8 г, вага 2 – 9,3 г, кількість зв'язаної води 0,5г, або 5% по масі дослідного зразка.

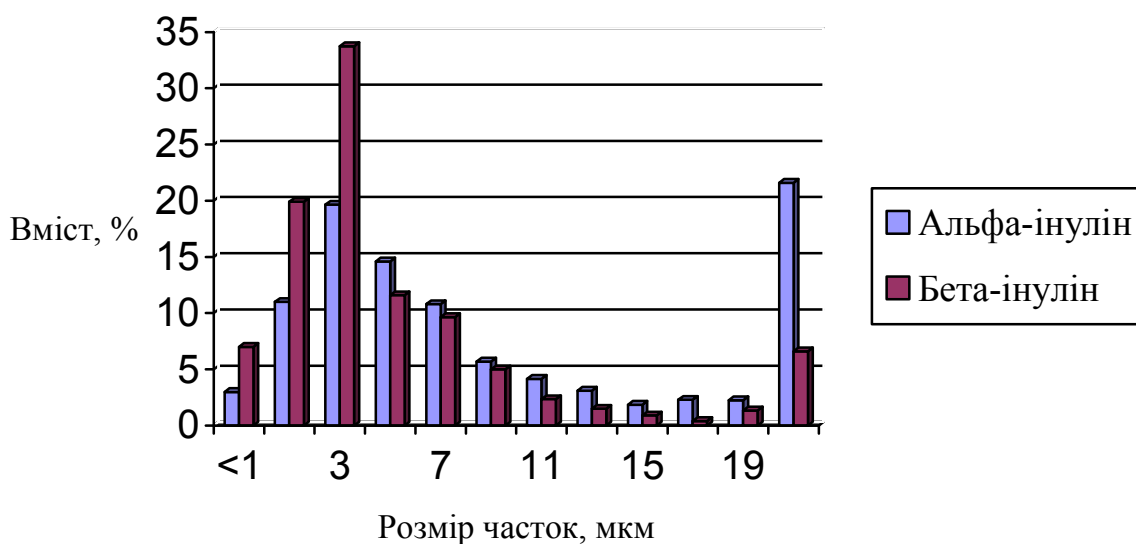


Рис.3.44.Співвідношення часток різного розміру у зразках альфа та бета інуліну

Табл.3.29.

Розмір часток при осадженні β-інуліну.

Діаметр, мкм	Вміст часток у пробі інуліну, %		Середній вміст, %
	1	2	
<1	5,5	8,5	7,0
1	19,0	20,8	19,9
3	29,6	37,9	33,75
5	10,3	12,9	11,6
7	12,7	6,6	9,65
9	6,6	3,4	5,0



Продовження табл.3.29.

11	2,7	2,0	2,35
13	2,7	0,3	1,5
15	0,3	1,5	0,9
17	0,6	0,2	0,4
19	1,7	1,0	1,35
>20	8,3	4,9	6,6
Середній діаметр, мкм	3,96	3,35	3,655

### 3.8 Желюючі властивості різних інулінів.

Коротко зупинимося на механізмах гелеутворення за участю полісахаридів. У відповідності з природою контактних зон, які утримують разом полімери в тримірній просторовій структурі, ідентифіковано три типи механізму студнеутворення для випадку незворотнього утворення полісахаридних гелів [241]:

1) існує клас полісахаридів, які утворюють гелі при охолодженні гарячих розчинів з біфілярними (подвійними) спіралями. До полісахаридів з таким механізмом гелеутворення відносяться агари і ірландські мохи.

2) деякі полісахариди при застудіванні утворюють слоїсті структури. Так, наприклад, альгінати і низькомолекулярні метоксипектини утворюють гелі при додаванні у розчин іонів кальцію.

3) третій механізм можна класифікувати як механізм утворення міцелярних структур (метилцелюлоза, гідроксіпропілцелюлоза).

Раніше було помічено, що при концентраціях, перевищуючих 20 г інуліну у 100 мл розчину утворюється гель-подібна суспензія. Причому існує два методи утворення гелів: «холодний» і «гарячий».

«Холодний» метод передбачає натупні операції приготування:

Диспергування олігофруктози в воді при температурі 20°C - ретельне перемішування (міксер) на протязі 15-20 хвилин - гелеутворення (витримування при температурі холодильника).

«Гарячий» метод:

Диспергування інуліну в воді при 20°C - нагрівання розчину до 80°C при перемішуванні - перемішування на протязі 5 хвилин - охолодження - витримування на протязі 10 годин при температурі холодильника.

Дослідження показали, що для утворення гелів на основі низькомолекулярних інулінів краще підходить «холодний» метод, тоді як для утворення гелів на основі високомолекулярних інулінів потрібно використовувати «гарячий» метод (рис.3.45,46).

Проведені експерименти [242 - 244] показали, що на структуру та міцність гелю впливають:

- вид фруктану;
- інтенсивність перемішування;
- час перемішування;
- температура;
- концентрація інуліну.

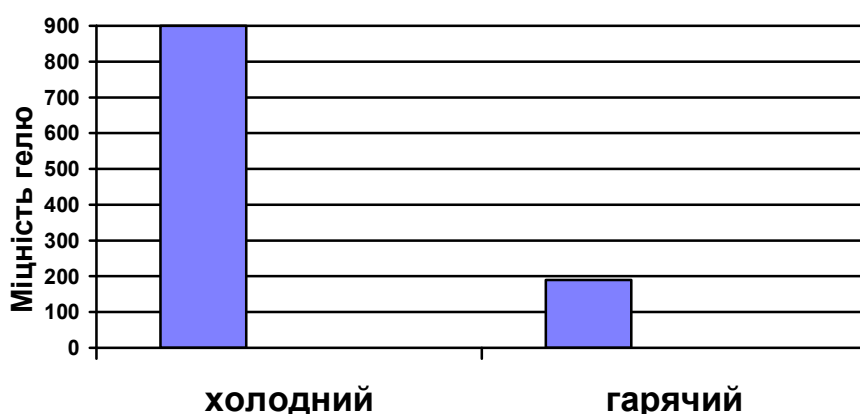


Рис.3.45. Порівняльна характеристика міцності гелів на основі низькомолекулярних інулінів, одержаних різними методами

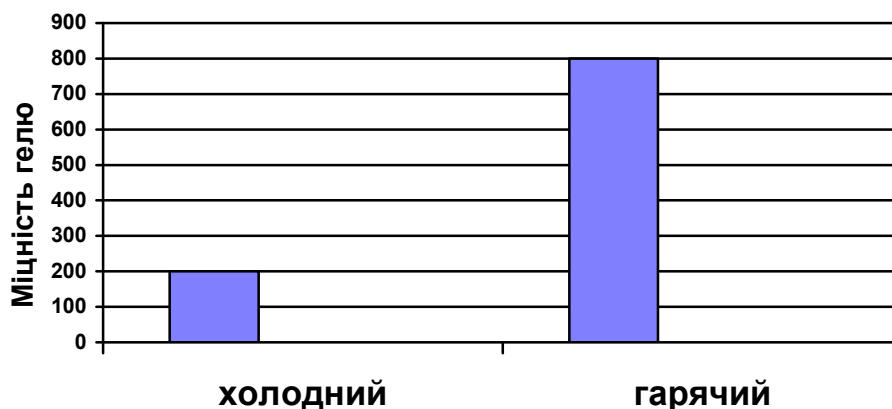


Рис.3.46. Порівняльна характеристика міцності гелів на основі високомолекулярних інулінів, одержаних різними методами.

Залежність міцності гелю від інтенсивності перемішування та температури показана у табл. 3.30. Ця залежність має місце лише у випадку одержання гелю із низькомолекулярних фруктанів, так як у випадку високомолекулярних інулінів варто застосовувати «гарячий» метод, де на першому етапі відбувається розчинення полімеру, а тому інтенсивність перемішування не має суттєвого значення.

Табл.3.30.

Вплив тиску і температури на міцність гелю.

Умови	Міцність гелю,г
200 бар(Ті:25°C/То:30°C)	215-225
500 бар(Ті:25°C/То:35°C)	240-250
900 бар(Ті:25°C/То:45°C)	225-235
200 бар(Ті:60°C/То:55°C)	155-165
500 бар(Ті:60°C/То:62°C)	160-175
900 бар(Ті:60°C/То:70°C)	140-155
200 бар(Ті:95°C/То:51°C)	25-35
500 бар(Ті:95°C/То:60°C)	50-60
900 бар(Ті:95°C/То:77°C)	35-50

Досліджувати вплив температури на утворення гелю доцільно лише для олігофруктанів (розчинних інулінів). Це пов'язано з тим, що для високомолекулярних інулінів вибір температури процесу визначений температурою розчинення - 75-80°C.

Вплив температури на міцність гелів олігофруктанів показаний на рис. 3.47.

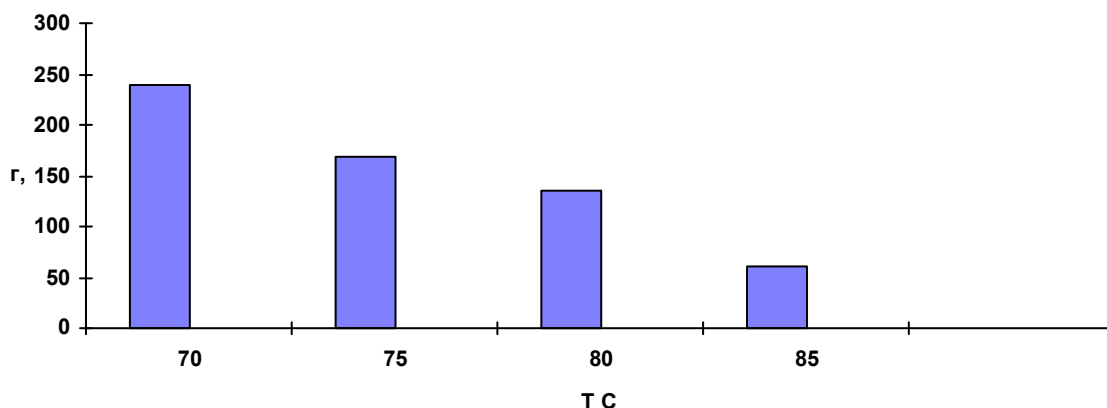


Рис. 3.47. Залежність міцності гелю від температури.

Залежність міцності гелю від ступеня полімеризації фруктану показана на рис. 3.48.

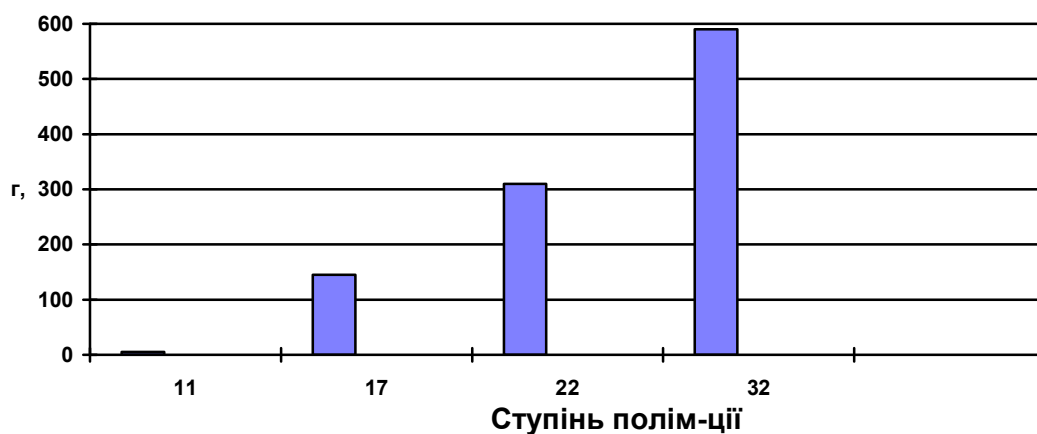


Рис. 3.48. Залежність міцності гелю від ступеня полімеризації.

Очевидно, що така велика різниця міцності гелю зумовлена різницею в молекулярній масі фруктанів.

Вплив концентрації інуліну на міцність гелів різних інулінів, показаний на рис. 3.49.

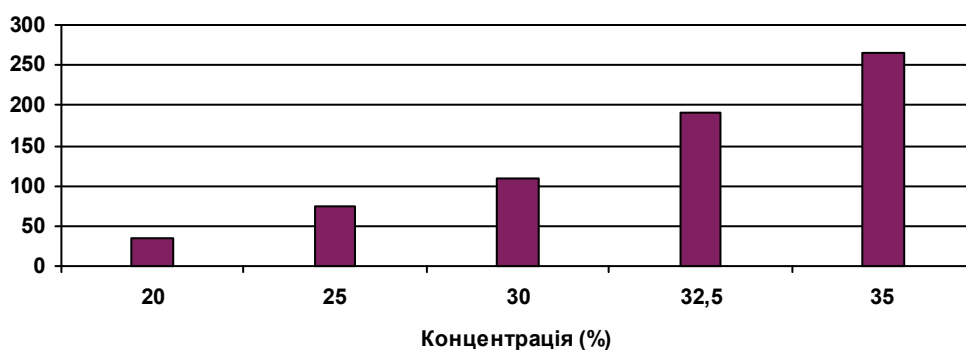


Рис.3.49. Вплив концентрації фруктанів на міцність гелю.

Утворення гелів фруктанів відбувається за першим типом, тобто за рахунок біфілярних спіралей. Це і пояснює той факт, що високомолекулярні інуліни мають більш вищу здатність до желювання, ніж низькомолекулярні. Так як молекули фруктанів з низькою СП мають лінійну структуру, утворена тримірна структура менш розвинута, ніж у фруктанів з високим ступенем полімеризації, які мають молекулу, закручену в спіраль.

Отже із наведених вище даних очевидно, що всі фруктани за певних умов мають здатність утворювати гелі.

Але така здатність фруктанів, особливо ВМФ, утворювати пастоподібні маси може суттєво заважати в процесі переробки інулінвмісної сировини. Таку масу важко перекачувати по верстату виробництва, або передавати самотоком за рахунок високої гідратації молекул фруктанів, які в такому стані знаходяться у синергізмі з молекулами розчинних білка та пектину, а також між собою і утримують до 20 і більше відсотків вологи. Ця волога в свою чергу не тільки утрудняє процес фільтрування, але й залишається в продукті після його виділення із маточного розчину, що значно збільшує затрати енергоносіїв на висушування такого продукту.

Тому необхідно було знайти спосіб, за допомогою якого стало б можливим зруйнувати міжмолекулярні зв'язки «фруктан-білок-пектин» і

вивільнити зв'язану таким синергізмом вологу, не спричинивши вивільнення кристалічної води фруктанів, та не допустити їх деструкції.

Застосування інтенсивного механічного перемішування не дало позитивного результату, так як за незначного відділення зв'язаної води, призводило до утворення великої кількості піни, яка до 2-х год утримувалась на поверхні суспензії і призводила до виробничих втрат у вигляді розливів.

Знаючи про використання ультразвукових коливань у побуті для прання тканин, ми припустили, що процес відділення бруду, адсорбованого волокнами тканини може дати результат при відділенні адсорбованої комплексом фруктан-білок-пектин води.

Для перевірки даного припущення провели наступні експерименти:

Для перевірки впливу ультразвуку на молекулу фруктану, готували модельну суспензію у пропорції – 25г ВМФ у 75 мл води і обробляли ультразвуком протягом однієї години, в якості збудника УЗ коливань використовували побутовий пральний прибор, частота коливань 20 кГц/сек. Хроматографічні дослідження ВМФ до та після обробки показали, що змін якісного складу ВМФ не відбулося. При цьому суспензія ВМФ розділилась. з'явилась явно виражена лінія розділу суспензія-вода і об'єм суспензії зменшився із 100% до 27%.

Паралельно провели дослід з натуральним неосвітленим соком цикорію, який був одержаний із свіжих коренів методом соковіджиму і охолоджений до +5°C. СР соку 28, що приблизно відповідає попередньому досліді.

Вже після 10-ти хв УЗ обробки з'явилася лінія розділу і після 30 хв вона стабілізувалась. Остаточний об'єм суспензії склав 43% від 100% початкових. Різниця в об'ємах суспензій після УЗ обробки в моделі і соці можна пояснити тим, що в модельній суспензії використовували чистий ВМФ, а в соці разом з ВМФ в утворенні суспензії брали участь наявні у суміші пектин та розчинний білок, які за рахунок більшої, ніж у ВМФ, молекулярної маси утворюють більші глобули у воді за рахунок більшої кількості кристалічної води, яка не відділяється УЗ коливаннями.

Таким чином УЗ обробку можна рекомендувати для розділення суспензій фруктанового виробництва в процесі осадження ВМФ перед відфільтровуванням.

Крім того високомолекулярні інуліни мають синергічну дію із іншими желюючими агентами, наприклад желатином, альгінатом, К- і Л- карагенаном, а також мальтодекстрином.

Так на рис.3.50. показано синергічну дію інуліну в комбінації з іншими желюючими агентами: ВМ інулін/ желатин 5%, ВМ інулін 15%/альгінат 1%, ВМ інулін 15%/к-карагенан 0,5%; ВМ інулін 10%/і-карагенан 1%, ВМ інулін 25%/мальтодекстрин 20%. Міцність гелю вимірювали пенетрометром ТА ХТ2і.

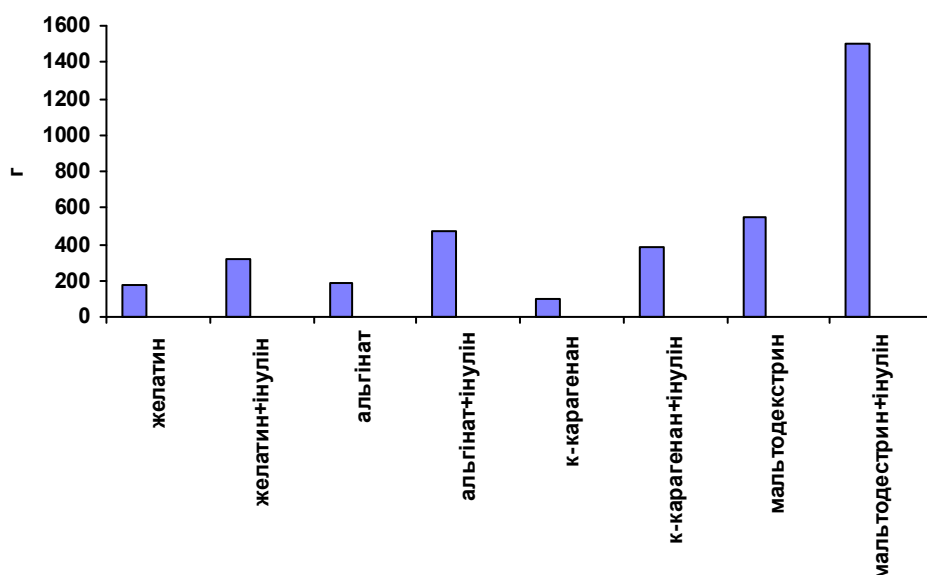


Рис.3.50. Міцність гелю (г), що демонструє синергізм ВМ інуліну з іншими желюючими речовинами.

Із рис.3.50. ми бачимо, що інулін в комбінації з желатином або іншими желюючими агентами має здатність посилювати їх дію.

### 3.9. Дослідження здатності фруктанів до набухання.

Полімери мають здатність розчинятися в низькомолекулярних речовинах. В розчинах, що утворилися, по досягненню термодинамічної рівноваги макромолекули полімеру перемішані з молекулами розчинника так, як і в звичайних низькомолекулярних розчинах. Однак великі розміри молекул

вносять ряд особливостей у властивості розчинів і видозмінюють процес розчинення. Це пов'язане з тим, що взаємодія макромолекул і різних розчинників може викликати руйнування окремих міжмолекулярних когезійних сил, що призводить до структурних перегрупувань.

Розчинність визначається певним гідрофільно-ліпофільним балансом між присутніми в полімері полярними групами і гідрофобними ділянками - у багатьох випадках - гідрофобним головним ланцюгом.

Взаємне перемішування молекул полімеру і розчинника завжди протікає із зменшенням вільної енергії і термодинамічно не відрізняється від процесу розчинення будь-якої низькомолекулярної речовини. Необхідно лише приймати до уваги, що ентропія змішування довгих гнучких молекул полімеру з малими молекулами розчинника відрізняється від ідеальної ентропії змішування і тим більше, чим більш гнучкою є молекула полімеру. Причина цієї відмінності в тому, що внаслідок гнучкості окремі частини ланцюгових молекул рухаються в розчині з відомою незалежністю і тому кожна довга макромолекула еквівалентна декільком коротким.

Оскільки рухливість молекул розчинника набагато перевищує рухливість довгих макромолекул, то на першій стадії розчинення відбувається проникнення розчинника в глибину полімеру, що супроводжується значним збільшенням його об'єму. Однак полімер, не дивлячись на багатократну зміну об'єму, зберігає свою форму. Це явище носить назву набухання і є першою стадією розчинення. Якщо низькомолекулярна речовина, в якій набухає полімер, лише обмежено розчинна в полімері, то такий набухлий стан може бути термодинамічно рівноважним, тобто набухлий полімер виявиться через деякий час в рівновазі із розчином полімеру, причому цей розчин звичайно має достатню рухомість. Якщо ж розчинність низькомолекулярної речовини в полімері необмежена, то після набухання поступово відбувається подальше розсунення ланцюгових молекул і їх дифузія в розчинник з утворенням однорідного істинного розчину полімеру.



Приймаючи до уваги той факт, що в холодній воді високомолекулярний інουλін практично не розчиняється, то при взаємодії інуліну з холодною водою відбувається процес набухання полімеру.

Процес набухання має досить велике значення для технологій створення нових продуктів на основі фруктанів. Він в значній мірі визначає ємкість сировини по розчиннику (сік, що утримується) і тривалість процесу.

Ступінь набухання визначається взаємодією між полімером та розчинником, яка залежить від потенціалу набухання і потенціалу пружності. Рівновага досягається, коли ці два потенціали, які діють у протилежних напрямках, стають рівними один з одним (збільшення пружної енергії ланцюга полімеру урівноважує зменшення вільної енергії при змішуванні сегментів з молекулами розчинника).

Величина рівноважного набухання пов'язана з природою системи «полімер – розчинник» і дає інформацію про природу полімеру.

Динаміку набухання вивчають шляхом виміру маси речовини, що набухає, в різні моменти часу.

Вихідними кількісними характеристиками набухання є коефіцієнт поглинання:

$$K = m/m_0 \quad (7)$$

та ступінь набухання

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \quad (8)$$

Де  $m_0$  і  $m$  - відповідно маси тіл до та після набухання.

Так як набухання відбувається в часі, то воно може характеризуватися часовими залежностями  $m_t \sim f(t)$  або  $\alpha_t \sim f(t)$ .

Для досліджень готували три групи інулінів з різним СП [245]:

1-ша група - ОФ ССП $\approx$ 15; 2-га – Ін ССП $\approx$ 25 і 3-тя ВМ ССП $\approx$ 35. Фруктани кожної групи розділяли на три зразки, готували із них 20% розчини і осаджували за допомогою різних методів: зразки 1 кожної групи за допомогою

обробки ультразвуком (20 кГц), зразки 2 кожної групи охолодженням до 0-5°C без заморожування і в зразках 3 випаровували воду при  $T=25^{\circ}\text{C}$ , в вакуумі при розрідженні 1 ата. Одержаний осад відфільтровували, висушували в мікробіологічній сушильній шафі при температурі 25°C до постійної ваги і проводили процес набухання для кожного зразка.

Відмінності у набуханні різних видів фруктанів представлені на рис. 3.51-3.53.

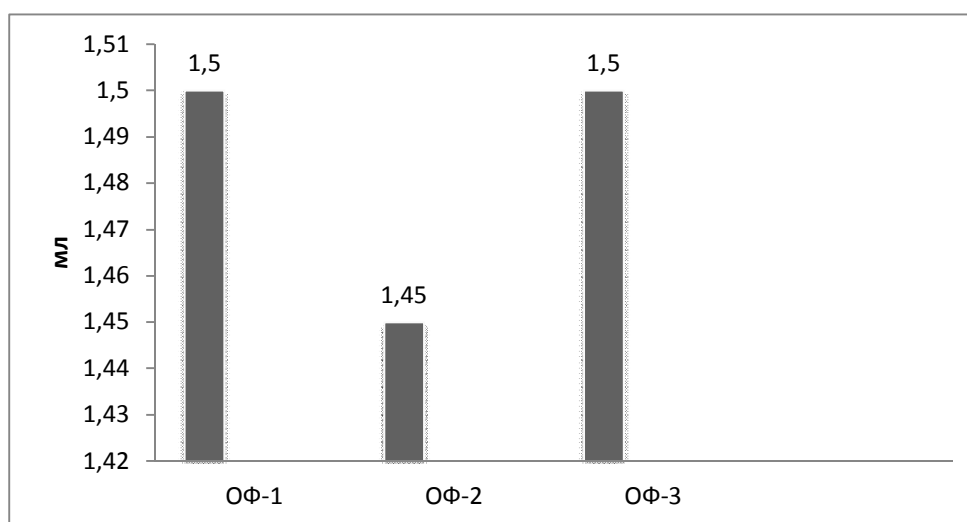


Рис. 3.51. Дослідження здатності до набухання низькомолекулярних фруктанів.

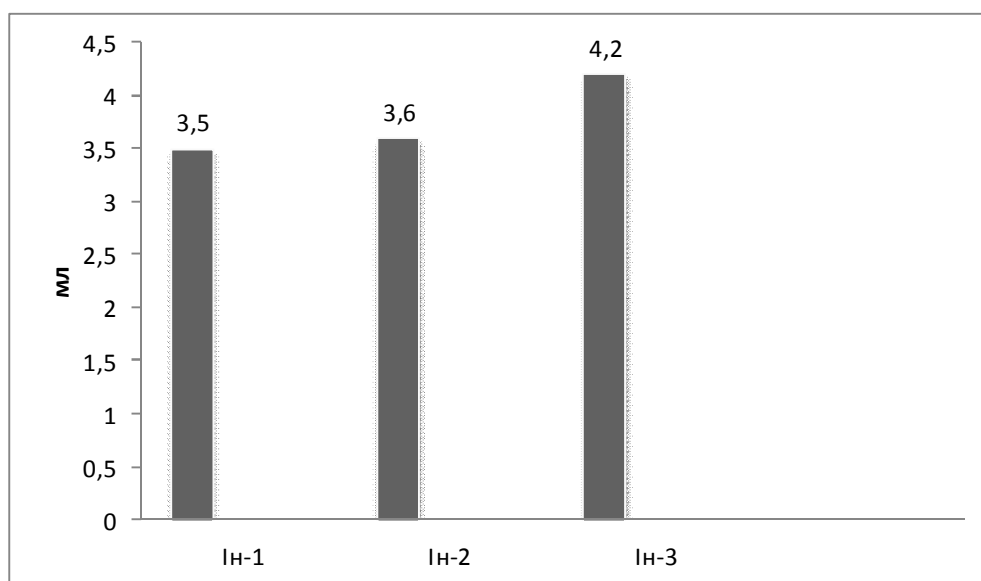


Рис. 3.52. Дослідження здатності до набухання фруктанів з середньою молекулярною масою.

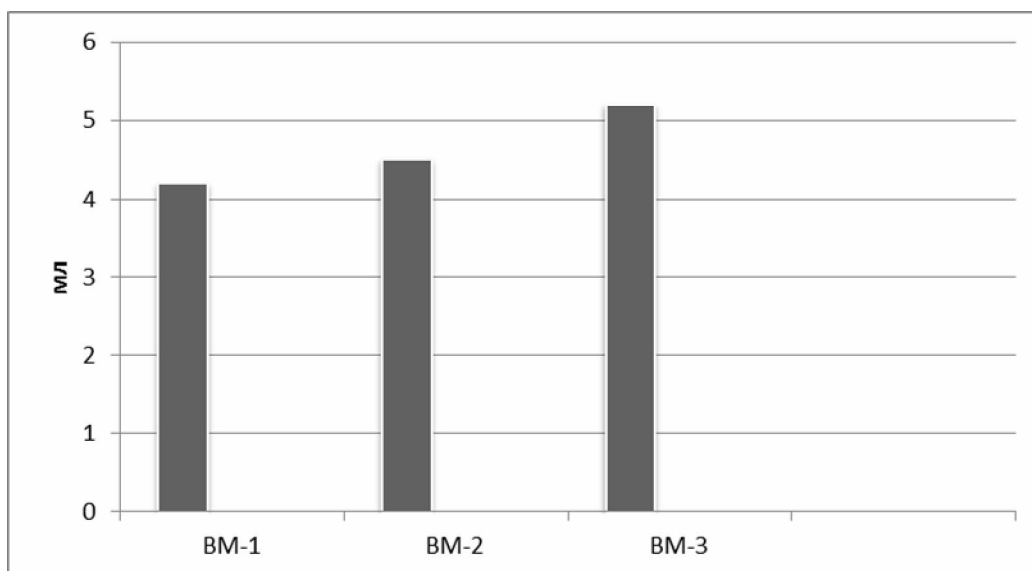


Рис. 3.53. Дослідження здатності до набухання фруктанів з високою молекулярною масою

Із вищенаведених рисунків видно, що найбільша здатність до набухання притаманна зразкам Ін-3 та ВМ-3, тобто зразкам одержаним при випарюванні розчинів. Ці ж дані підтверджуються і дослідженням динаміки набухання рис. 3.54 – 3.56.

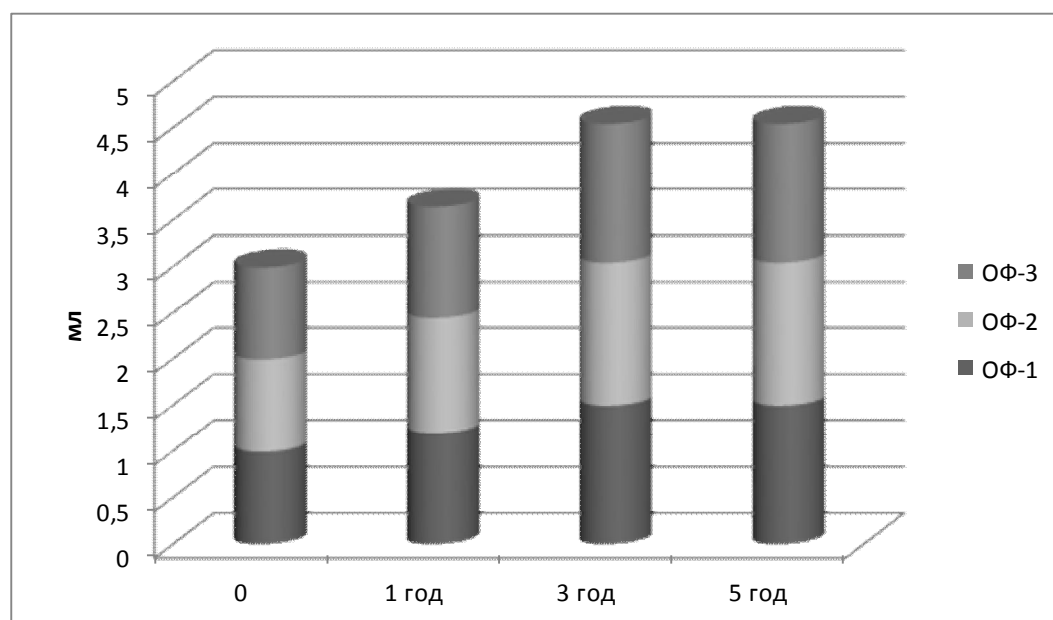


Рис. 3.54. Дослідження динаміки набухання низькомолекулярних інулінів, г/дм<sup>3</sup>.

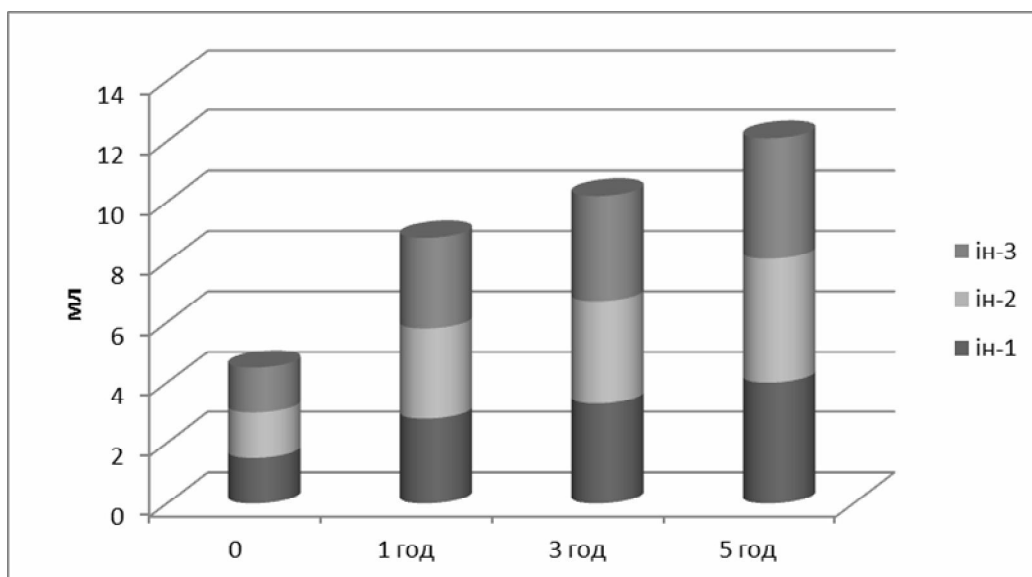


Рис. 3.55. Дослідження динаміки набухання інулінів з середнім ступенем полімеризації не вище 25, г/дм<sup>3</sup>.

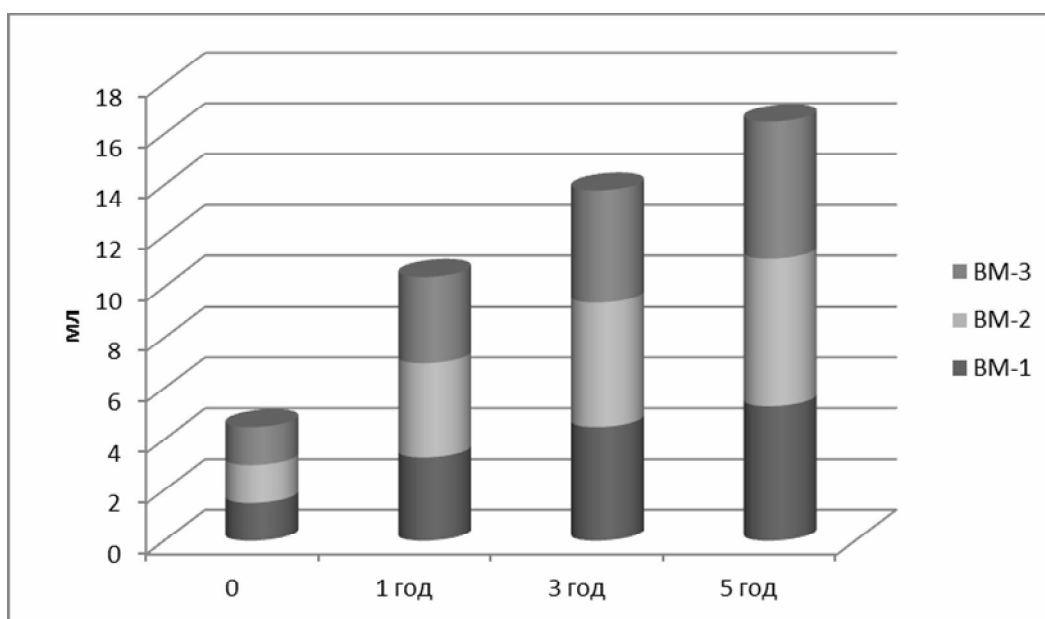


Рис. 3.56. Дослідження динаміки набухання високомолекулярних інулінів, г/дм<sup>3</sup>.

Для порівняння всіх одержаних зразків було досліджено їх наступні характеристики: вологість і густину (табл.3.31).

Табл. 3.31.

Дослідження показників вологості і густини зразків фруктанів

<b>Фруктани</b>	<b>Вологість</b>	<b>Густина</b>
ОФ-1	1,8	1,375
ОФ-2	2,1	1,377
ОФ-3	2,2	1,377
Ін-1	5,1	1,420
Ін-2	4,8	1,428
Ін-3	5,4	1,429
ВМ-1	8,4	1,470
ВМ-2	7,8	1,465
ВМ-3	12,4	1,477

Найбільш важливий показник це вологість, так як саме він свідчить про кількість залишкової вологи в порошках фруктанів. Цілком очевидно, що саме такі способи обробки суспензій як випарювання і зниження температури, забезпечують утворення зразків, які утримують більше вологи. Це в свою чергу свідчить про різну просторову структуру молекул в розчині. Відмінності в густині свідчать про те, що в результаті обробки суспензій інуліну різними методами утворюються фруктани з різними властивостями, що є важливим фактором при виборі методу осадження фруктанів із розчинів при розробці технологій їх одержання та виробництва.

### **3.10. Визначення просторових структур фруктанів групи інуліну.**

Дослідження просторових структур є одним із найважливіших і водночас найбільш складних завдань сучасної науки. Особливо складною проблемою є встановлення просторових структур полімерів. У той же час властивість і особливо біологічна активність речовин зумовлюється в великій мірі якраз просторовим розміщенням атомів у молекулі. Відомо, наприклад,

що інактивність інсуліну, який виробляється підшлунковою залозою хворих на цукровий діабет, якраз і пов'язана з аномаліями в просторовій будові цієї білкової молекули, яку продукує хворий на діабет організм.

В останні 15-20 років з'явилося багато робіт, присвячених вивченню різних конформацій інсуліну. Перші роботи у цьому напрямку виконані за допомогою класичних фізико-хімічних методів досліджень. З часом ці методи досліджень комбінувались із залученням методів комп'ютерної хімії, зокрема методів молекулярної механіки і молекулярної динаміки. Використовують також квантово-хімічний метод (метод Хюккеля). Вивчаючи коефіцієнти седиментації та в'язкість інулінових розчинів, С.F.Phelps вважав за більш вірогідну структуру інулінового ланцюга у формі чотирискладчастого гвинта, ніж плоскої зигзагоподібної стрічки, утвореної фруктофуранозильними ланками.

Широко відомі роботи з комп'ютерного моделювання з метою вивчення просторової будови інсуліну, виконані A.D.French [246].

A.D.French в роботі вивчав можливі конформації  $\beta$ -D-(2 $\rightarrow$ 1)- та  $\beta$ -D-(2 $\rightarrow$ 6)-сполучених фруктанів, тобто інсуліну та левану. Можливі конформації фруктанів з  $\beta$ -D-(2-1)-зв'язками розглянуті автором з використанням комп'ютерної програми NHMAP.

Молекули D-фруктофуранози мають дві -CH<sub>2</sub>OH групи, які можуть обертатися навколо  $\sigma$ -зв'язків, які зв'язують ці групи з фруктофуранозними кільцями. Зв'язок C<sub>1</sub>-O<sub>1</sub> є стрижнем ланцюга інсуліну, а зв'язок C<sub>6</sub>-O<sub>6</sub> є тим же самим у левані.

Стеричні перешкоди обертання навколо C<sub>6</sub>-O<sub>6</sub> також можуть впливати на можливі конформації фруктанів. Врахування обертання обох -CH<sub>2</sub>OH потребує значно більших витрат комп'ютерного часу.

Кожний фруктан має три прості зв'язки, які пов'язують фрукто-фуранозні кільця і обертання навколо цих зв'язків зумовлює існування великої кількості молекулярних форм. A.D.French вивчав впливи гнучкості в самому

фруктофуранозному кільці та подовження інулінового ланцюга на його можливі конформації, не повторюючи вивчення моделі інулобіози [247]. NHMAR-програма вимагає установку просторових координат для атомів у мономері. Знання про просторове розміщення атомів у мономерному циклі автор запозичив із кристалографічної літератури з олігосахаридів, які мають фруктофуранозні кільця. В доповнення до даних, одержаних за допомогою нейтронної дифракції, автор скористався також даними рентгенографічного аналізу молекули рафінози, плантеози та 1-кестози. Молекула 1-кестози включає дві D-фруктофуранозні ланки. Свої дослідження автор базував на методі складання n-h-карти. В результаті аналізу виконаних розрахунків A.French підтвердив основні результати одержані ще в 1980 р. R.Marchessault. Обидві моделі правого та лівого гвинта з  $n=5$  фруктофуранозними кільцями у витку спіралі з шагом  $h=0,216$  нм потрапляють у дозволена зону n-h-карти.

Автор прийшов до висновку, що дозволені гвинтові форми молекули інуліну можуть бути правого та лівого напрямку, хоча для інуліну правий гвинт має перевагу. Водночас було показано, що гвинтові форми інуліну залежать від вибору геометрії мономеру, значень торсійних кутів основного зв'язку, позиції обертання біля  $C_6$  атома карбону та вибору атомних радіусів.

Проте в літературі недостатня інформація про просторову будову довголанцюгових фруктанів, про їх електронну структуру та розподіл зарядів на атомах інулінового ланцюга. Тому було зроблено спробу моделювати ланцюг з великою кількістю атомів (різні набори мономерів) з оптимізацією геометричних параметрів [248,249]. Опис структур різних інулінових форм був зроблений за допомогою програм, що базуються на розрахунках молекулярної механіки, молекулярної динаміки та напівемпіричного квантово-хімічного методу.

Були досліджені моделі з різним числом фруктофуранозних кілець та різним стартовим просторовим розміщенням на різних стадіях розрахунків. Водночас ланцюги з одним, двома або без глюкопіранозних циклів, були проаналізовані всього більш як 100 різних моделей. Довжини ланцюгів

вибирались такими, які містили 12, 24 або 48 фруктофуранозних кілець з одним глюкопіранозним циклом на кінці деяких ланцюгів. На рис.3.57. показані моделі, які були вибрані як базові.

Розрахунки базувались на стандартному методі молекулярної механіки ММ+- програмі силових полів, а також з використанням методу молекулярної динаміки. Комп'ютерні програми забезпечують знаходження оптимальних структур, що відповідають даним механічним моделям. Результати розрахунків наведені в табл. 3.32.

Згідно наведеним даним модель №2 характеризується найнижчою енергією, а модель №3 - найвищою. Просторова структура моделі №2 показана на рис.3.58. З нашої точки зору ця модель відповідає конфігурації такого типу інуліну, який спонтанно формується у водному розчині. Геометрія моделі №3 лінійна рис.3.59.

Табл.3.32.

## Порівняння енергій різних моделей інуліну.

Номер моделі	Кількість фруктозних кілець		
	12 (276 атомів)	24 (528 атомів)	48 (1032 атомів)
1	236.60 <sup>a</sup> 693.74 <sup>b</sup> -371488.87 <sup>c</sup> (2.7 nm)	459.72 <sup>a</sup> 1305.31 <sup>b</sup> (7.3 nm)	786.77 <sup>a</sup> 2503.69 <sup>b</sup> (14.4 nm)
2	153.21 <sup>a</sup> 591.58 <sup>b</sup> -372139.65 <sup>c</sup> (4.0 nm)	384.62 <sup>a</sup> 1202.83 <sup>b</sup> (6.3 nm)	686.61 <sup>a</sup> 2153.37 <sup>b</sup> (13.0 nm)



Продовження табл.3.32.

3	235.11 <sup>a</sup> 707.64 <sup>b</sup> -371415.93 <sup>c</sup> (3.8 nm)	387.33 <sup>a</sup> 1300.39 <sup>b</sup> (7.3 nm)	861.60 <sup>a</sup> 2171.11 <sup>b</sup> (16.8 nm)
4	<i>ліво-обертаючі</i>		
	465.98 <sup>a</sup> 933.75 <sup>b</sup> -370897.74 <sup>c</sup> (4.5 nm)	858.76 <sup>a</sup> 1630.80 <sup>b</sup> (9.0 nm)	1537.27 <sup>a</sup> 2936.43 <sup>b</sup> (19.2 nm)
	<i>право-обертаючі</i>		
	302.03 <sup>a</sup> 699.56 <sup>b</sup> -371206.76 <sup>c</sup> ( 3.6 nm)	446.58 <sup>a</sup> 1233.00 <sup>b</sup> ( 7.3 nm)	788.26 <sup>a</sup> 2223.78 <sup>b</sup> ( 16.9 nm)
5	<i>ліво-обертаючі</i>		
	199.47 <sup>a</sup> 625.33 <sup>b</sup> -372130.87 <sup>c</sup> (4.1 nm)	415.24 <sup>a</sup> 1165.98 <sup>b</sup> ( 8.3 nm)	799.07 <sup>a</sup> 2397.85 <sup>b</sup> (17.3 nm)
	<i>право-обертаючі</i>		
	236.89 <sup>a</sup> 654.13 <sup>b</sup> -371426.65 <sup>c</sup> (4.0 nm)	357.31 <sup>a</sup> 1031.67 <sup>b</sup> (8.0 nm)	961.51 <sup>a</sup> 2549.10 <sup>b</sup> (16.8 nm)

<sup>a</sup> метод молекулярної механіки (умовні одиниці)<sup>b</sup> наближення молекулярною механікою (ккал/моль),<sup>c</sup> розширений метод Хюккеля (ккал/моль).

Можна припустити, що інулін зі спіральною конфігурацією формується в особливих умовах гідратації. Тому можна висловити думку, що різні форми фруктанів, відомі під назвами  $\alpha$ -,  $\beta$ -, та  $\gamma$ -інулін відрізняються за своїми фізико-хімічними та біологічними властивостями в силу різної просторової будови. Ця просторова будова зумовлена умовами гідратації осаджуваних фруктанів. Очевидно, різні конформації фруктанового ланцюга залежать від співвідношення міжмолекулярних та внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, які має молекула фруктану в певних умовах утворення фаз.

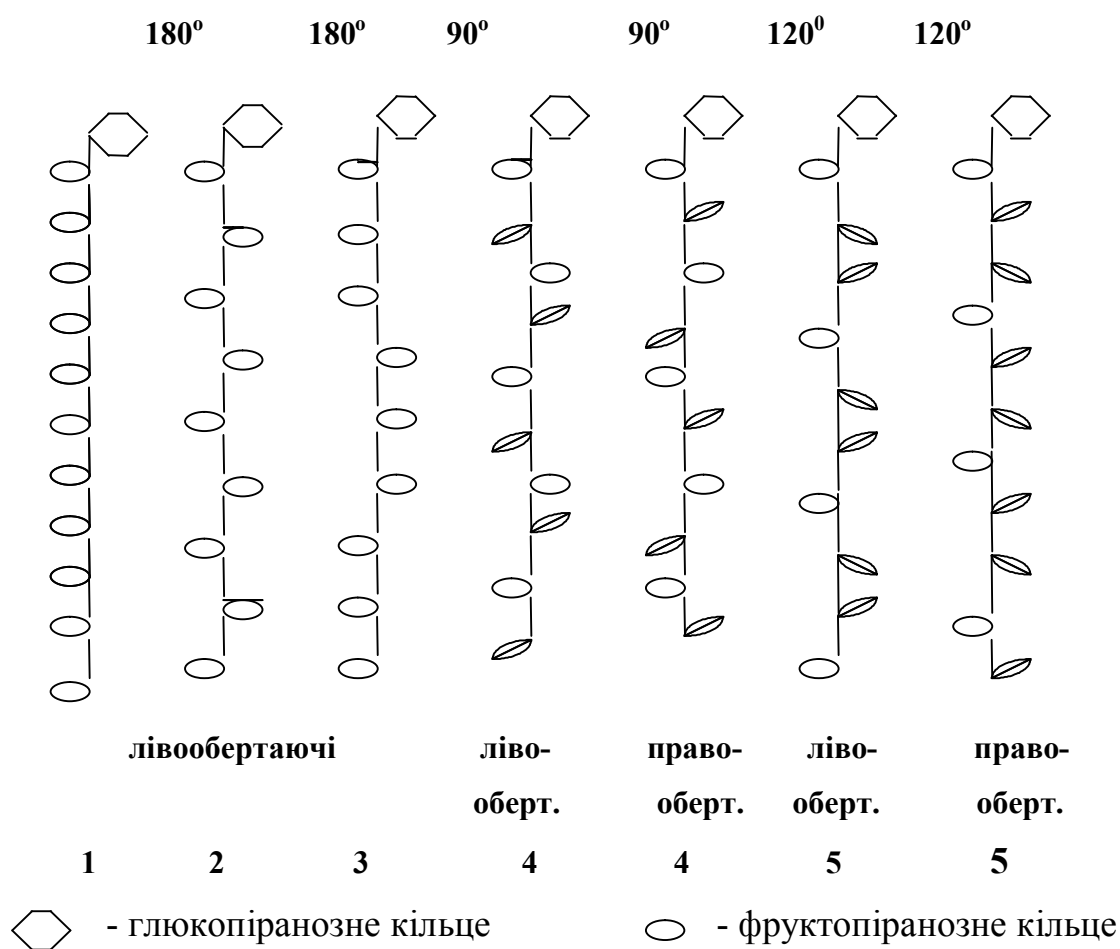


Рис.3.57. Базові моделі інуліну.

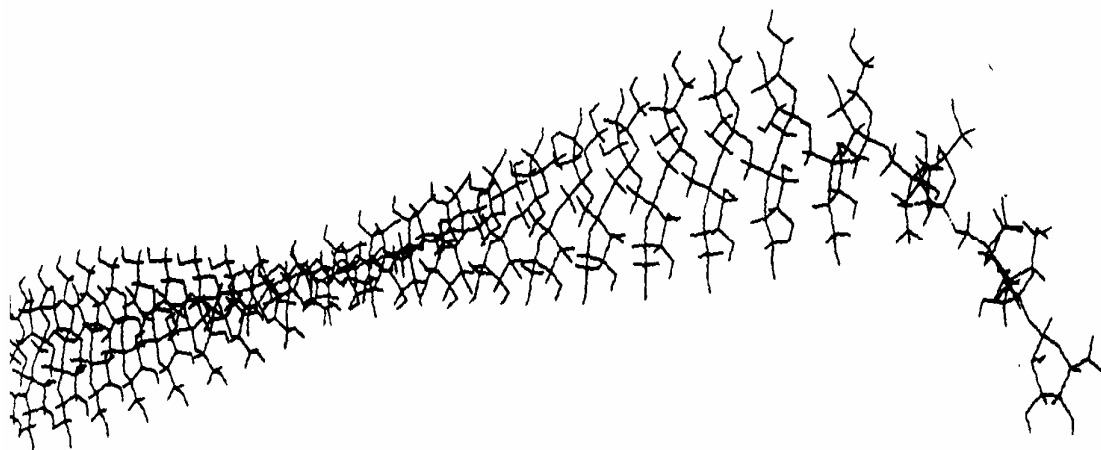


Рис.3.58. Просторова структура моделі молекули інуліну №2.

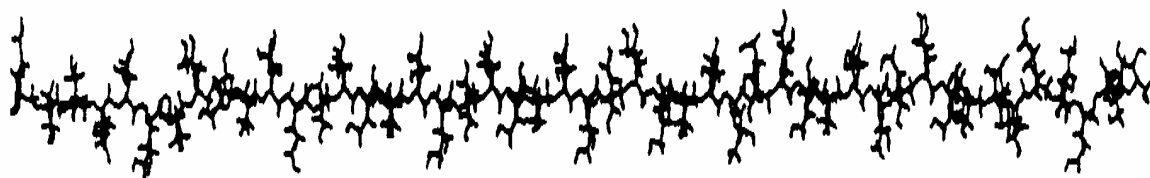


Рис.3.59. Просторова структура моделі молекули інуліну №3.

Цю думку підтверджують також і дані електронної мікроскопії, що проводилася у відношенні  $\alpha$ - і  $\beta$ -інулінів. Так, при збільшенні у 400 разів видно, що у  $\beta$ -інуліну (рис.3.42.) чітко можна бачити структуру кристалу, тоді як у  $\alpha$ -формі більшість кристалів (рис.3.43.) оточені «хмарками» вологи. Це дослідження явно свідчить про різну гідратацію молекул різних форм інуліну.

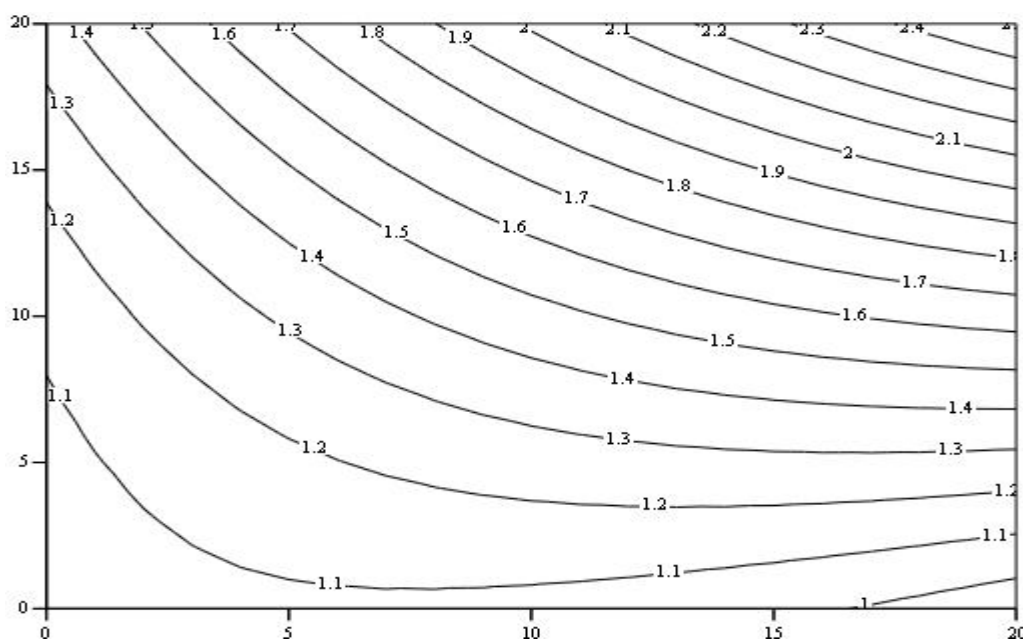
### **3.11. Розроблення математичної моделі залежності виходу інуліну від концентрації етанолу у вихідних розчинах.**

З метою оптимізації процесу осадження ВМФ етиловим спиртом із водяних розчинів та зменшення кількості лабораторних дослідів по вивченню цього процесу, було розроблено математичну модель (Додаток А). Вихідними даними послуговували вихід фруктанів в часі в залежності від концентрації етанолу в розчині, одержані в процесі вивчення можливості фракціонування

фруктанів. Були обраховані лінії рівня осадження в координатах концентрації спирту і часу осадження рис.3.60.

Одержані залежності осадження ВМ інуліну від концентрації етанолу в розчині і часу осадження не дозволяють визначити якісь оптимальні строки чи концентрації, так як являються лінійними. Тому для оптимізації процесу були виділені критерії важливості виходячи із 1- загальна важливість, де: 0,5- важливість виходу ВМІ, 0,2 – час процесу і 0,3 – концентрація етанолу.

За одержаними за допомогою цієї програми кривих оптимізації рис.3.61. була застосована програма знаходження максимального значення критерія оптимальності з двовимірною масиву та вираховані оптимальні параметри виходу ВМ інуліну при максимальному значенні узагальненого критерію  $F(x)=0,253$ : концентрація етанолу 16,75% і час осадження 0,5 год. При цьому інтегральний вихід ВМ інуліну складе 1,083 [250].



Ff

Рис.3.60. Лінії рівня осадження в координатах концентрації спирту і часу осадження.

Для визначення оптимальних параметрів процесу, була використана програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона.

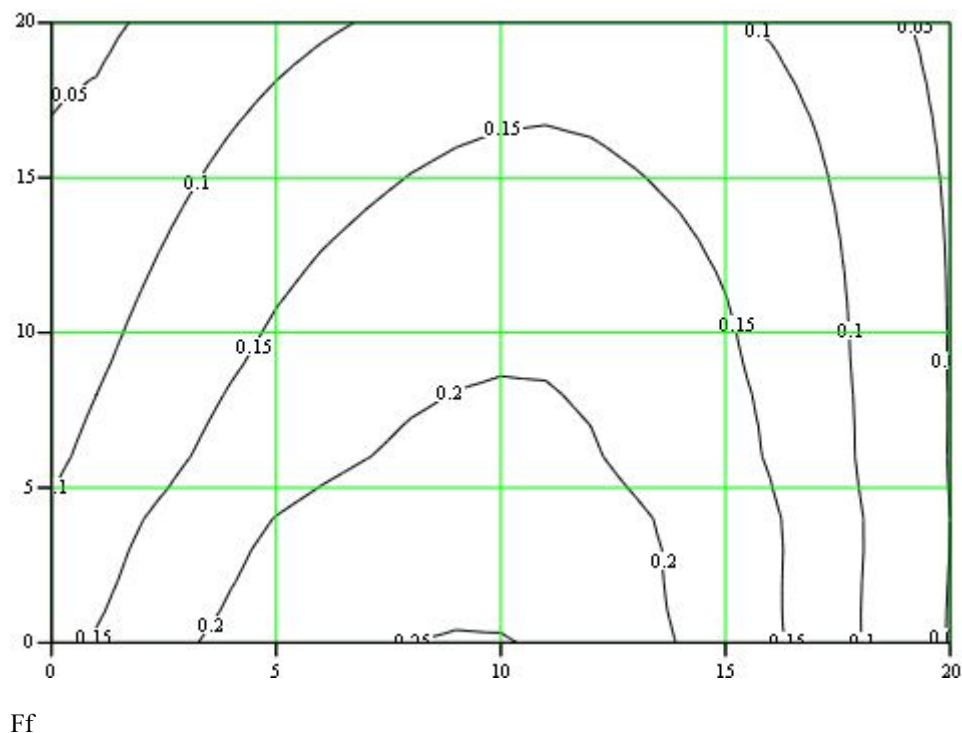


Рис.3.61. Криві оптимізації.

### 3.12. Дослідження особливостей висушування високомолекулярного інуліну.

Кінцевою метою висушування інуліну, згідно розробленим та затвердженим ТУ України, повинен бути дрібнодисперсний порошок, сірувато-білого кольору та з вологістю не більше 6%. Щоб вирішити це питання позитивно, нам потрібно було дослідити термостабільність інуліну, вміст кристалічної води, його здатність витримувати температурну обробку без змін кольору і органолептичних показників та визначитись з апаратним оформленням процесу.

Насамперед для правильного вибору температурного режиму висушування, вивчалось питання термостабільності високомолекулярного інуліну. Наші попередні дослідження [251, 252] впливу високих температур на

порошки інуліну, виділеного із топінамбуру і цикорію є недостатніми, так як досліджувались зразки із невеликим ССП~15-17, що було обумовлено якістю сировини, із якої виділяли інулін, Тому для вивчення термостабільності всього спектру фруктанів із ССП від 10 до 35 і більше одиниць, взяли за дослідний зразок фруктановий порошок, виділений із лопуха.

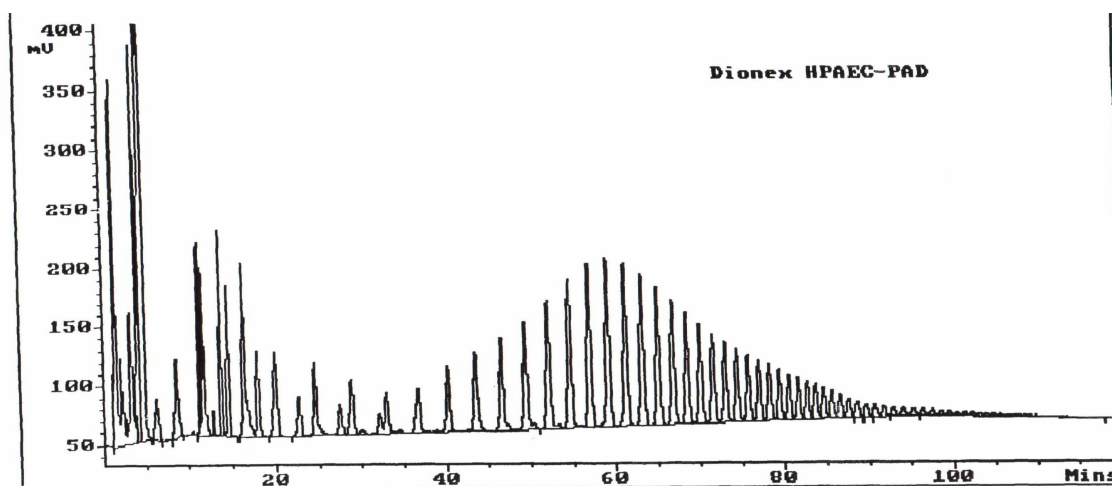


Рис.2.62. Гельхроматограма досліджуваного зразка VM інуліну.

Дослідження проводились наступним чином: Наважку інуліну 25-35 мг, із середнім ступенем полімеризації 23 та з невисоким вмістом домішок – 2,2%, моно-, ди- та низькомолекулярних цукрів – 14,7%, вміст фракції із СП>35 – 5,8% рис.3.62, поміщали в термогравіметричну камеру.

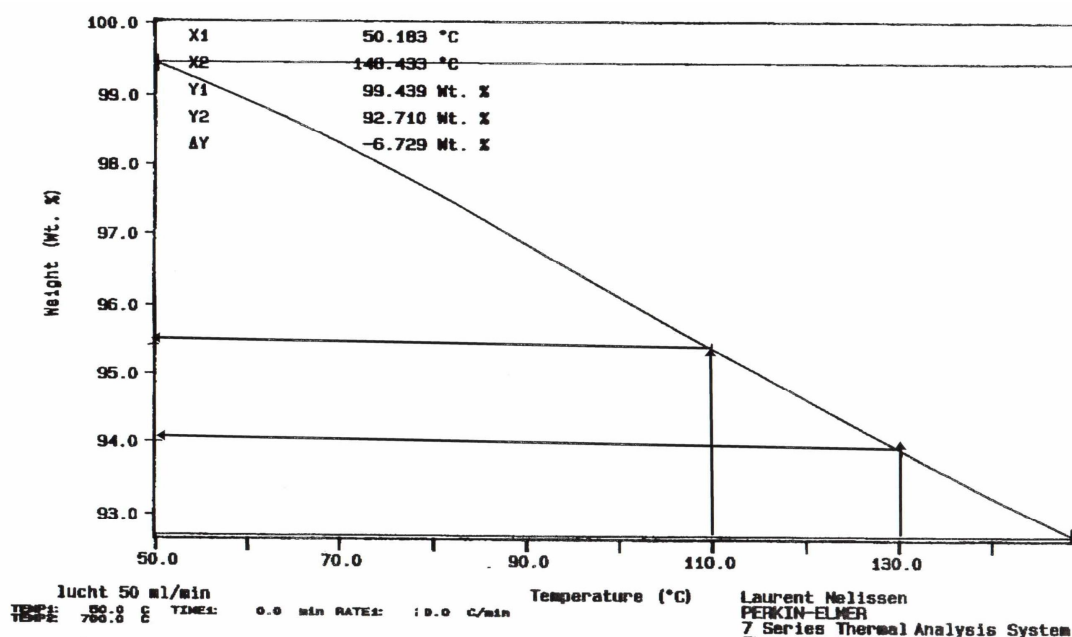


Рис.3.63. Термограма високомолекулярного інуліну.

Із швидкістю  $10^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  піднімали температуру в камері від  $25^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$ . За допомогою електронних ваг, реєстрували зміну маси зразка рис.3.63. Паралельно реєстрували величину екзо- та ендотермічних ефектів (рис.3.64. - 3.65). Аналіз рис.3.63. і 3.64 показує, що зразок у температурному проміжку  $25^{\circ}\text{C}$ - $50^{\circ}\text{C}$  не зазнає змін, але йде процес інтенсивного поглинання тепла (крива 2 рис.3.64.). Процес інтенсивної втрати загальної маси зразка починається при температурі  $50,183^{\circ}\text{C}$ . Цей процес пов'язаний із втратою інуліном вільної вологи, про що свідчить крива 1 рис.3.64.- починається виділення тепла зразком крива 2 рис.3.56., та завершається процес поглинання тепла. Процес рівномірної втрати маси зразком, продовжується у температурному проміжку від  $50^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$ , але ця втрата, як свідчить крива 1 рис.3.63., починаючи із температури  $115^{\circ}\text{C}$ , пов'язана із втратою зразком адсорбційної, або кристалічної вологи. Цей процес завершується при температурі  $145^{\circ}\text{C}$ .

З аналізу рис.3.63. та кривої 1 рис.3.65., визначили, що вміст адсорбованої води у дослідному зразку, яка втрачається у температурному проміжку  $110^{\circ}\text{C}$ - $130^{\circ}\text{C}$ , складає  $1,5 \text{ г}/100\text{г}$  інуліну.

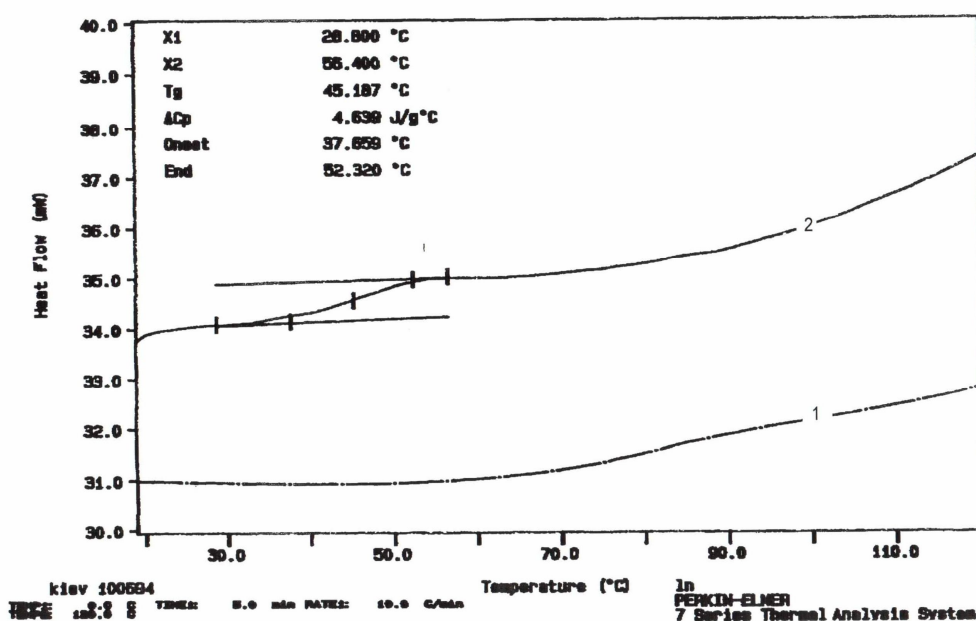


Рис.3.64. Термограма високомолекулярного інуліну.

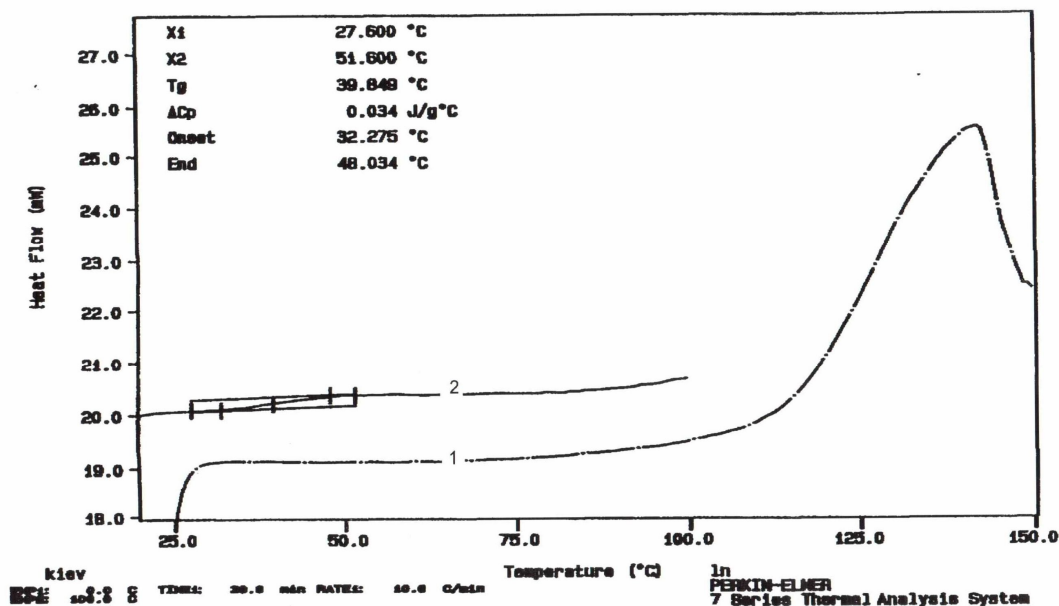


Рис.3.65. Термограма високомолекулярного інулїну.

Для визначення впливу температури на органолептичні показники порошку інулїну, брали 5 проб високомолекулярного інулїну, виділеного із лопуха, з ССП > 25 нагрівали їх до температур: 1-шу пробу до 50°C, 2-гу до 70°C, 3-тю до 90°C, 4-ту до 110°C, 5-ту до 130°C. Після витримування всіх проб протягом 30-ти хвилин, візуально визначали зміну кольору та запаху зразків. У перших трьох зразках ніяких змін не сталося, четвертий зразок змінив колір із сірувато-білого до світлокоричневого, а інулїн п'ятої проби розплавився, забарвився у темно коричневий колір та набув запаху, притаманного цукровій карамелі.

Проаналізувавши отримані дані, були проведені лабораторні випробування процесу сушіння методом розпилювання.

Випробування були проведені на лабораторній розпилювальній сушці, наданій для експериментальних робіт науково-виробничою фірмою "SENSUS", Нідерланди. Висушування проводили при різних температурних та масових режимах. Задовільні результати було отримано при висушуванні гарячим повітрям +180°C (при менших температурах теплоносія відбувалось недосушення продукту і його налипання на поверхні апарата, а при вищих температурах відбувалось потемніння продукту за рахунок карамелізації моноцукрів), температура вихідного повітря +95°C, температура висушеного



інуліну +60°C, сухі речовини розчину інуліну не менше 15% (паспорт приладу). Для попередження наростання кольоровості за рахунок температурних перетворень фруктози, розчин інуліну доводили до рН 3,7 (точка найбільшої стабільності фруктози) 0,1н розчином HCL. Було одержано 1кг сухого інуліну з вологістю 5,7%, за іншими показниками відповідає вимогам ТУУ 191 167 16.001-97.

Випробуваний метод висушування інуліну шляхом розпилювання його розчинів, найбільш придатний для використання у великотоннажних виробництвах, так як висушування невеликих партій інуліну (5-10кг), як того потребує виробництво інуліну з метою його використання в якості харчової добавки, де інуліни потрібні з різним молекулярно-масовим розподілом і у широкому асортименті, пов'язане із втратами продукту на робочих поверхнях сушильної камери, а також із значними затратами робочого часу для переналагодження апаратурної схеми сушки на новий вид продукції. З цієї точки зору, для забезпечення виробництва невеликих партій інуліну в широкому асортименті, придатна, випробувана гігротермічна сушильна камера для сушки термолабільних продуктів, розроблена та виготовлена інститутом технічної теплофізики НАН України. Принцип її дії оснований на інтенсивному обдуванні продукту сухим повітрям у замкнутому колі циркуляції. Здійснення цього принципу досягається тим, що насичене випареною вологою повітря із робочої камери подається на теплообмінник, працюючий за принципом “повітря-повітря”, де відбувається конденсація води, а висушений таким шляхом сушильний агент, через підігрівач, де проходить нагрівання та остаточне досушування, знову направляється в сушильну камеру. Основні технологічні дані сушки: потужність по випареній волозі 5кг/год, робочий об'єм камери 2,6 куб.м, потужність 10 кВт. Сушка дозволяє працювати у температурному режимі 20-100°C, який задовольняє вимогам висушування високомолекулярного інуліну.

Але використання обох описаних вище способів висушування дає можливість одержувати порошки фруктанів із кінцевою вологістю 5-6%, що вказує на втрату порошками кристалічної води (за рахунок інтенсивного відбору води при висушуванні), вміст якої у високомолекулярних фруктанах коливається в межах 10%. Така втрата зв'язаної води призводить до зміни нативної будови молекули фруктану і як наслідок, зниження його біологічної активності, що значно звужує спектр застосування таких фруктанів у якості добавки біологічної дії (такі фруктани можуть використовуватись переважно як пребіотики). Тому можна сказати, що для виробництва фруктанів з високою біологічною активністю потрібні більш «м'яккі» умови висушування.

Для експерименту була використана тунельна сушарка, призначена для висушування кускового цукру-рафінаду. Сушильний агент – повітря з температурою 45-50°C, час висушування, в залежності від ММ – 3-5 годин, кінцева вологість продукту – 10-11%. Як показав експеримент, кінцева вологість та час висушування знаходяться у прямій залежності – чим вищий ССП фруктану, тим більше часу потрібно для його висушування та вища постійна кінцева вологість. Високий вміст води до 10% у кінцевому продукті вказує на те, що кристалічна вода при такому режимі висушування залишається в молекулі фруктану, не порушується її нативна будова, а значить біологічна дія таких фруктанів буде висока і вони якнайкраще можуть бути використані в якості інгредієнтів для ДД лікувально профілактичного харчування.

### **Висновки**

1. Встановлено, що максимальний термін зберігання рослинної сировини до початку переробки не повинен перевищувати 7-15 діб, так як перевищення цього терміну призводить до часткової деструкції ВМ інуліну та знижує якість кінцевого продукту.

2. Встановлено, що при пресовому способі одержання соку, потрібно витримувати температуру сировини та одержуваного соку не нижче 20°C,

корені та бульби інулінвмісної сировини перед пресуванням молоти до часток  $\leq$  2мм і процес вести з короткочасним (до 1хв.) видержуванням.

3. Встановлено, що очистка соків та екстрактів інуліну при сильно лужних та кислих значеннях рН призводить до зниження вмісту високомолекулярних фракцій інуліну (в середньому на 20-30%), та зниженню ССП на 8-10од.

4. Встановлено, що очистка інулінових розчинів аніонітними та катіонітними смолами недоцільне у виробництві ВМ інуліну, так як призводить до часткової деструкції ВМІ та збіднює макро- та мікроелементний склад готового продукту.

5. Встановлено, що оптимальною температурою осадження ВМІ із розчинів є температура  $0+5^{\circ}\text{C}$ , уникаючи заморожування, так як інулін, одержаний заморожуванням, за своїми властивостями близький до  $\beta$ -форми – найменш біологічно активної форми ВМ інуліну.

6. Встановлено, що моно-, ди-, трисахариди та НМ інуліни, при їх концентрації у розчині 1-10%, частково удержують ВМІ у водних розчинах.

7. В результаті досліджень встановлена можливість фракціонування ВМ інуліну шляхом його осадження із розчинів 15-20% етилового спирту та періодичного відбору осаду фракцій.

8. Нами встановлено, що різні інуліни із середнім ступенем полімеризації від СП15 до СП35 мають різні фізико хімічні властивості, тому запропоновано розбити їх на групи і дати назви: ССП $\cong$ 15 - **інулід**; ССП $\cong$ 25 – **інулін**; ССП $\cong$ 35 – **інулан**.

9. Досліджено, що порошки високомолекулярного інуліну містять такі корисні макро- та мікроелементи як кальцій, калій, сірка, цинк, мідь, залізо і т.д., які можуть доповнити або синергізувати біологічну дію ВМ інуліну.

10. Встановлено, що високомолекулярний інулін, одержаний із різних культур, має різний мікроелементний склад. Наприклад найвищий вміст

калію у пробах ВМ інуліну із лопуха ( $636,8 \pm 51,4$  мкг/г), тоді як найнижчий ( $61,5 \pm 9,8$  мкг/г) у пробах ВМІ із топінамбура, і т.д.

11. Для утворення гелів на основі низькомолекулярних інулінів краще підходить «холодний» метод, тоді як для утворення гелів на основі високомолекулярних інулінів потрібно використовувати «гарячий» метод.

12. Встановлено, що УЗ обробку можна рекомендувати для розділення суспензій фруктанового виробництва після процесу осадження ВМФ перед відфільтровуванням.

13. Високомолекулярний інулін може самостійно виступати як желюючий агент, а також застосовуватися разом із іншими широкоживаними желюючими агентами для підсилення їх желюючої здатності.

14. Методом математичного моделювання встановлено, що оптимальними параметрами виходу ВМ інуліну при максимальному значенні узагальненого критерію  $F(x)=0,253$  будуть: концентрація етанолу 16,75% і час осадження 0,5 год. При цьому інтегральний вихід ВМ інуліну складе 1,083.

15. Висушування ВМ інуліну, з метою одержання продукту з максимальною біологічною дією, слід проводити при температурах не вищих  $+50^{\circ}\text{C}$ . Для висушування ВМ інуліну технічного призначення, можливе застосування температур в межах  $50-100^{\circ}\text{C}$ .

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ФРУКТАНВМІСНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Як показує світова практика виробництва інуліну провідними компаніями WARCOING (Бельгія), ORAFTI (Бельгія) та SENSUS (Нідерланди), використання цикорію не дає можливості одержувати інулін із середнім СП більшим ніж 20од., та зберегти його нативну структуру (кристалічну вологу молекули інуліну), значно звужує області його застосування у якості дієтичної добавки та лікувально-профілактичному харчуванні за рахунок невисокої біологічної активності та інших властивостей, зв'язаних із молекулярною масою та просторовою структурою високомолекулярних інулінів.

Причин, які не дають змоги даним виробникам одержувати фруктани з більшою ММ та збереженням його нативної структури декілька:

1. М'яка зима, велика сума опадів в період вегетації цикорію та використання штучного зрошення в даних країнах, дає можливість одержувати високі врожаї коренів (більше 500 цент./га), але не сприяють накопиченню ВМФ, які є резервним запасом енергії на випадок стресових ситуацій (ранні заморозки, низькі зимові температури, короткочасні посухи), які практично відсутні в даному регіоні і тому накопичення фруктанів з великою ММ генетично не закладені в насінні цикорію.
2. Використання технології одержання інуліну та високофруктозного сиропу рис.4.1 дає можливість одержувати високоякісний фруктозний сироп (82,5% СР, 0 од. кольоровість, рН 3,8) та низькомолекулярний (СП 9-11 од.) інулін. Одержати за такою технологією ВМФ із ССП  $\geq 20$  неможливо із-за:

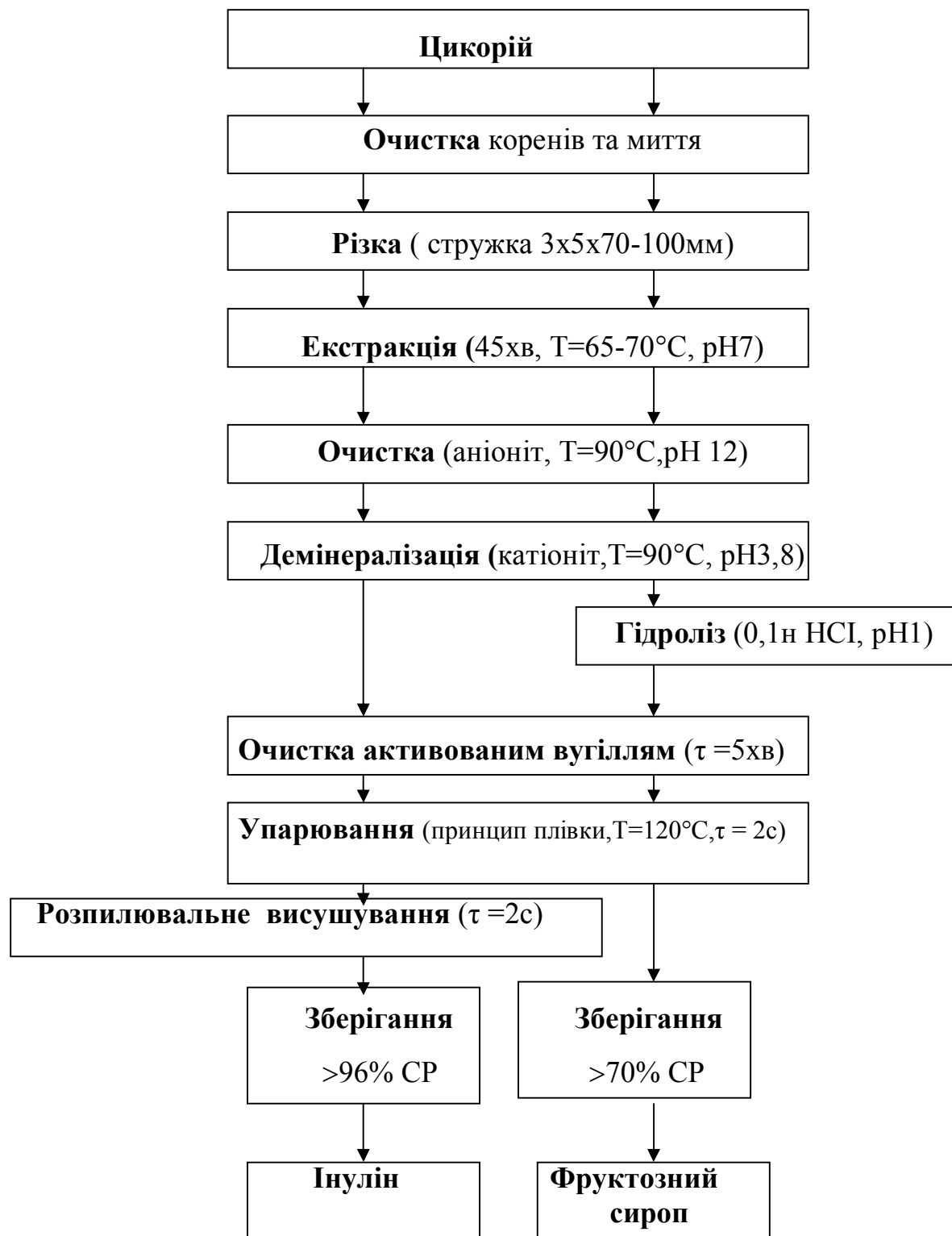


Рис.4.1. Принципова схема одержання інулінів ТМ Frutafit , Raftiline та Fibruline

- В технології для виділення інуліну використовується дифузійний апарат колонного типу. Час знаходження в ньому стружки інулінвмісної сировини 40-45 хв при температурі 65-70°C, що призводить до термолізу

молекул ВМФ, а час проведення процесу сприяє розвитку мікрофлори, яка також розщеплює ВМФ;

- Згідно схеми переробки, процеси демінералізації та очистки екстракту ведуться за допомогою аніонітно-катіонітної установки при температурі 90°C, тому крім очистки на цій стадії процесу продовжуються процеси термолізу та розпочинаються процеси: на аніоніті (рН 12, T=90°C) лужного та на катіоніті (рН 3,8, T=90°C) кислотного гідролізу.

Тому при розробленні технології ВМФ ми досліджували та використовували сировину, способи та методи виділення фруктанів, які дали б можливість одержувати інулін в його нативній будові з найменшими втратами молекулярної маси.

#### **4.1. Розроблення технологій одержання ВМ фруктанів з рослинної сировини.**

Дослідження різних інулінвмісних культур показали наявність у деяких із них інулінів із середнім СП>35-45од. та вмістом інуліну із СП= 60 і більше одиниць. Це насамперед інула висока (оман) та лопух, і в меншій мірі кульбаба, в якій, за оптимальних кліматичних умов вирощування та строків збору у наявності є інулін із СП>50од.. Так як фізико-хімічні властивості інуліну із ССП=25 та із ССП=35 і більше одиниць різні, нами було запропоновано називати інулін із середнім СП>35 – ІНУЛАН. Виділення інулінів із такими характеристиками неможливе традиційними методами, які використовуються для одержання інуліну із цикорію, або топінамбуру насамперед за рахунок низької розчинності інуланів у воді, навіть при підвищеній +70°C температурі, яка застосовується в екстрагуванні інуліну при переробці цикорію. Застосовуючи методи одержання інуліну за допомогою відділення соку із сировини, нашою проблемою, це швидка кристалізація високомолекулярних фракцій інуліну та утворення ними нерозчинних конгломератів із речовинами пектинової і білкової природи, що робить

неможливим їх подальше виділення із клітковини за допомогою пресування, або центрифугування.

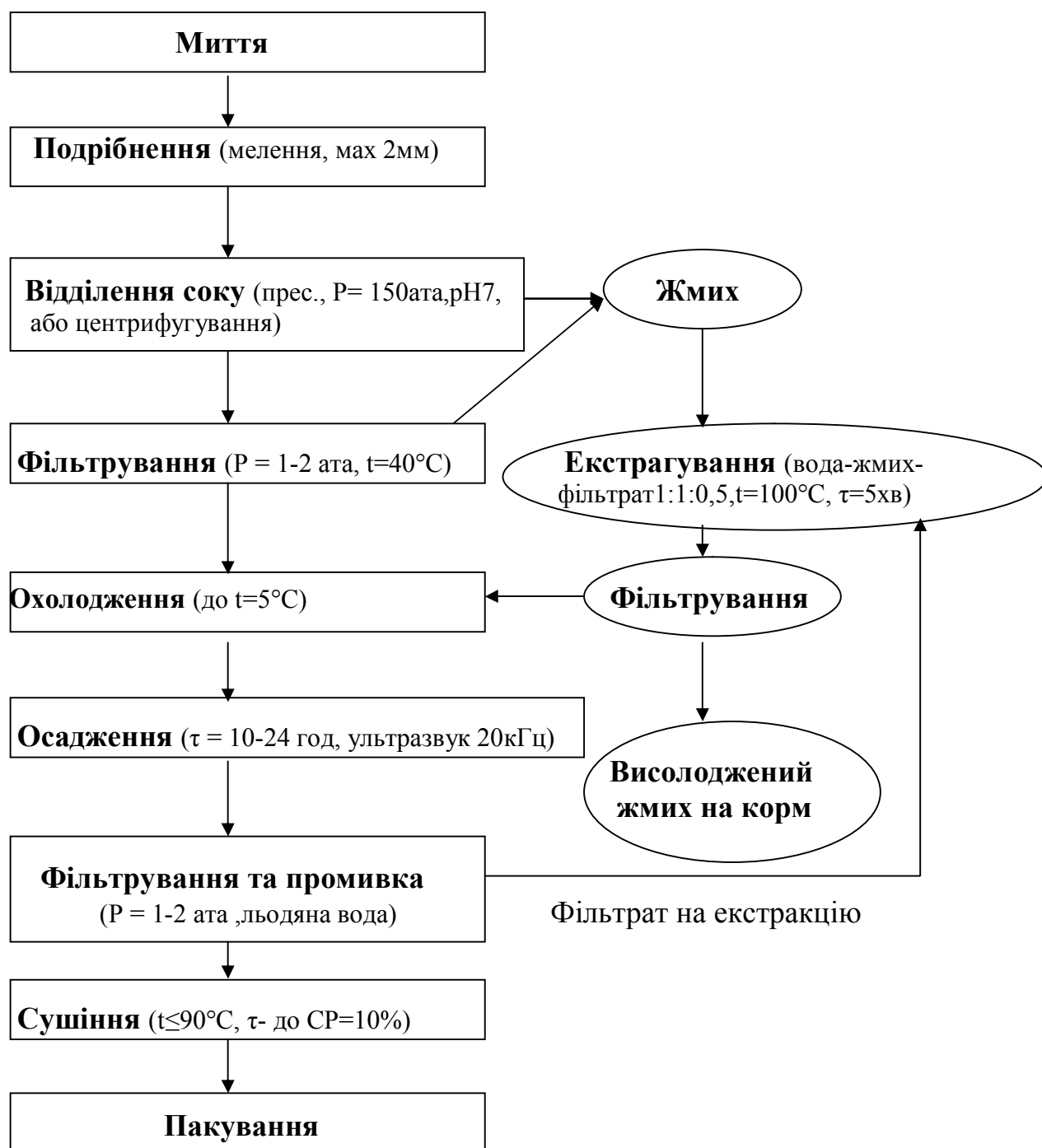


Рис.4.2. Принципова технологічна схема одержання інуліну із сировини, яка містить інулін із середнім СП $\geq$ 35.

На основі проведених досліджень, та вивчених фізико-хімічних властивостей інулінів із СП $\geq$ 35од., була розроблена комбінована схема



одержання високомолекулярного інуліну із інулінвмісної сировини [253,254,255,256]. Принципова технологічна схема представлена на рис.4.2.

Схема включає такі основні технологічні операції:

**Миття.** В технології отримання інуліну із рослинних джерел, питання підготовки сировини займає далеко не останнє місце. При переробці інулінвмісної сировини, це пояснюється досить специфічною формою бульб та коріння цих культур. При збиранні коріння, зазвичай на них залишається 3-7 % землі, іноді і більше. Основна мета відмивання - механічне видалення мінеральних та органічних речовин, що прилипли до поверхні бульб та коренів, а разом із тим часткове видалення мікроорганізмів. В залежності від виду сировини застосовують різні способи миття: з попереднім замочуванням, з використанням механічних засобів, просто в проточній воді.

Однак, приймаючи до уваги форму бульб топінамбура, коріння цикорію, лопуха, скорцонери, оману та кульбаби, цілком очевидно, що без механічних засобів їх неможливо повністю очистити. Попереднє замочування теж не покращує процес, так як при цьому зменшуються сухі речовини соку.

Тому нами використовується безперервно діюча миєчна машина з одночасним відокремленням легких домішок (соломи, трави і т.д.). Мийка являє собою коритоподібний апарат в якому розміщений вал із рядом кулаків. Сировина подається в мийку безперервно за допомогою грабельного транспортера і поступово переміщуються кулаками до іншого кінця мийки, із якого уже промита видаляється, при цьому рівень води повинен бути вищим ніж рівень сировини, яка відмивається, для відділення легких домішок та соломи. Ретельному промиванню сприяє тертя сировини одна об одну і об кулаки мийки. Вода в мийку безперервно подається по принципу протитока, тобто чиста вода потрапляє на чисту сировину, що виходить із мийки. За потреби, в мийку можлива подача гарячої води та гострого пару для підігріву сировини перед подрібненням.

**Подрібнення** проводять за допомогою пальцевої механічної терки. Для одержання максимального виходу соку із сировини, розмір найбільших

частинок сировини після терки не повинен перевищувати 2мм. Із збільшенням розміру часток, не вдається повністю виділити сок як пресовим, так і методом центрифугування, що призводить до зменшення виходу соку. Зменшення розміру часток призводить до погіршення фільтраційних властивостей шару подрібненої сировини, що також призводить до зменшення виходу соку. Температура одержаної кашки повинна бути не нижча ніж  $+20^{\circ}\text{C}$ , для запобігання спонтанної кристалізації ВМ інуліну. При зниженні температури меленої сировини слід піднімати температуру миючого агента в мийці до тих пір, доки температура кашки не стане  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Процес **відділення соку** здійснюють пресовим методом за допомогою гідравлічного поворотного пак-преса при робочому тиску 100 ата. Фільтруючий матеріал - мішковина. Вихід соку  $\approx 35\%$  для топінамбуру. Сухі речовини жмиха не менше 32%. Щоб запобігти втрат інуліну із жмихом, температура соку повинна бути не нижче  $18-20^{\circ}\text{C}$ . Сок перед фільтрацією обробляють порошком сульфату натрію з розрахунку 1кг сульфату на 1 м. куб соку. При цьому рН соку має бути не нижче 7. Для підвищення рН застосовують харчову соду.

Одержаний після відокремлення соку **жмих** може містити, в залежності від виду сировини, до 30% високомолекулярного інуліну, який викристалізувався у процесі відділення соку. Цей інулін характеризується високою молекулярною масою та низькою розчинністю. Тому для його виділення застосовано метод **екстрагування** (варки). Суть методу полягає в тому, що жмих змішують із водою та фільтратом після промивки інуліну у співвідношенні 1:1:0,5 і кип'ятять протягом 5 хв до постійних СР рідкої фази. Екстракт відділяють на металевих ситах і фільтрують, після чого його направляють на охолодження, де змішують із основною масою соку, а жмих направляють на корм худобі.

**Фільтрування** проводять на фільтр-пресах через матеріал типу Бельтинг, або фільтрдіагональ. Призначення даної операції – видалення залишків клітковини та зависей речовин білкової природи.

**Охолодження** проводять у теплообміннику, який замкнутий на коло з мішалками-кристалізаторами. Охолоджувальний агент – аміак, Охолодження ведуть до кінцевої температури соку  $+3+5^{\circ}\text{C}$ .

**Осадження** інуліну відбувається у мішалках- кристалізаторах при температурі  $\approx 5^{\circ}\text{C}$ . Потрібна температура підтримується за допомогою охолоджуючих “сорочок”, куди подається “льодяна” вода. Час кристалізації може бути від 10-ти до 24-х годин, в залежності від СР соку, а також від молекулярної маси фруктанів. Швидкість седиментації знаходиться у прямій залежності – чим більші СР соку та вища ММФ, тим менший час осадження фруктанів. Для прискорення процесу кристалізації та седиментації ВМ інуліну, а також ущільнення осаду перед декантацією, що в подальшому полегшує процес фільтрації, застосовується електромагнітний збудник ультразвукових коливань з частотою 20 кГц.

Завдання послідовних процесів **декантації** та **фільтрування** – відділення осаду інуліну. Процес декантації ведуть за допомогою зливних кранів, вмонтованих по всій висоті кристалізатора. Злив проводять починаючи з верхнього крана послідовно до нижніх, аж до появи в декантаті суспензії інуліну. Осад, що залишився перемішують і подають на фільтрування. Процес ведуть на фільтр-пресах, фільтруючий матеріал – бельтинг або фільтрдіагональ. Так як частинки осажденного інуліну знаходяться у  $\alpha$ -формі і мають середній розмір біля 7 мкм, то їх відділяють через намитий шар інуліну, тобто на початку процесу фільтрації роботу фільтр-преса ведуть у режимі “сам на себе” і після того, як фільтрат стає абсолютно прозорий, його направляють на екстрагування жмиха, а на намитому шарі інуліну продовжують розділення суспензії до надлишкового робочого тиску преса 1-2ата, після чого завершують подачу суспензії, а одержаний осад підсушують стисненим повітрям.

Одержаний відфільтрований та підсушений осад **висушують** при температурі продукту не вищій  $90^{\circ}\text{C}$ . В умовах 2-го ім. Петровського

цукрового заводу, де здійснювалась переробка, висушування проводилось на листах нержавіючої сталі, які підігрівались за допомогою парової “сорочки”. Висушений до вологості 10% інулін, перемелювали, класифікували за допомогою сит та пакували у паперові крафт мішки по 25 кг.

Приведена схема дозволяє одержувати інулін із СП від 15 до 50 і більше одиниць [257].

При переробці фруктанвмісної сировини СП інуліну в якій не перевищує 25од, технологічна схема значно спрощується, рис.4.3. [258,259].

Відсутність інуліну із СП=35 і більше, дозволяє не застосовувати екстракцію жмиха та виключає всі операції, пов'язані з нею. Втрати високомолекулярного інуліну у жмиху при цьому не перевищують 5-7% від його початкового вмісту у сировині.

В той же час, переробляючи сировину по схемі без застосування екстракції (рис.4.3), неможливо одержувати всі ВМФ сировини, але можна переробляти сировину, яка не містить, або містить у незначних (до5%) фруктанів із  $СП \geq 35$ од. і зменшити затрати на виробництво за рахунок виключення затрат енергоносіїв на екстрагування.

Для підтвердження цього факту, свіжовикопані корені лопуха, в один і той же день, переробили за комбінованою (пресування - екстракція, рис.4.2.) та спрощеною (пресування, рис.4.3.) схемами, а одержані інуліни проаналізували за допомогою рідинної гель хроматографії. На рис.4.4. та 4.5., приведені гелхроматограми інулінів, одержаних із лопуха за допомогою спрощеної та комбінованої схем. Як видно із рис.4.4-5, зразок інуліну, одержаного за допомогою комбінованої схеми, містить 16,4% фракції із ступенем полімеризації більшим, ніж 35 одиниць і максимальний СП =77, тоді як інший містить тільки 7,2% цієї фракції і максимальний СП=57, табл.4.1.

Інулін, одержаний із лопуха за комбінованою схемою, був порівняний із європейським еталоном високомолекулярного інуліну рис.4.6. за допомогою методу Shodex. Даний метод дозволяє ідентифікувати групи поліфруктанів із ступенем полімеризації від 5 до 60, виділяючи їх однією групою.

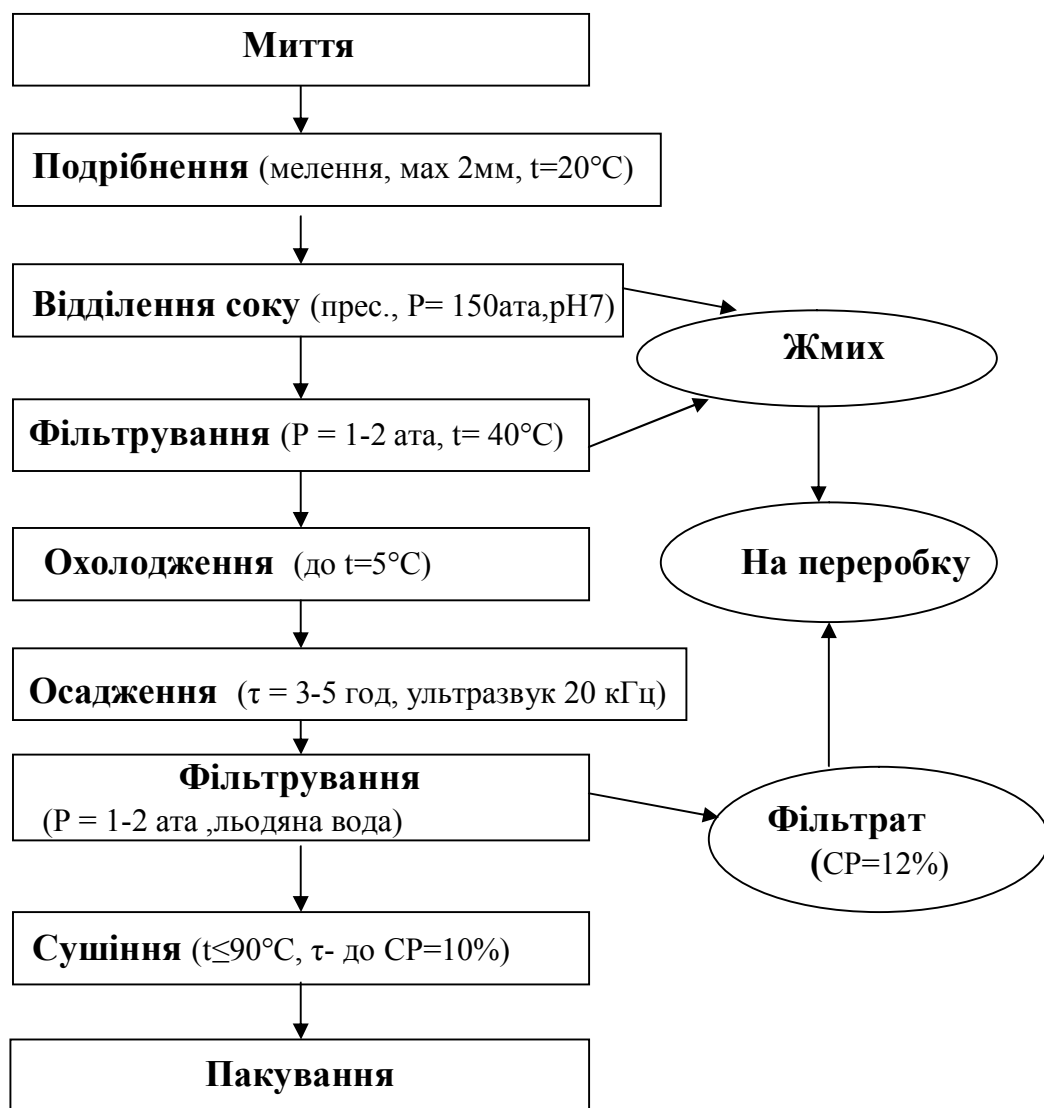


Рис.4.3. Технологічна схема одержання інуліну із сировини, яка містить інулін із середнім  $\leq$ СП25.

Як свідчать результати порівняння кривих 1 (інулін, одержаний нами) та 2 (євро зразок), наш інулін вигідно відрізняється від еталону більш високою молекулярною масою, про це свідчить зміщення піка 1 лівіше від піка 2, та вищим вмістом фракцій інуліну із СП>35, про що свідчить висота піків 1 і 2.

Табл.4.1.

Вміст фракцій з різним ступенем полімеризації у зразках інулінів, одержаних із коренів лопуха за різними технологічними схемами.

Ступінь полімеризації	Вміст фракцій,%, комбінована схема	Вміст фракцій,%, спрощена схема
Моноцукри	0,3	1,0
Цукроза	0,1	0,3
СП3-СП9	0,6	12,6
СП10-СП19	19,8	33,1
СП20-СП29	32,1	25,2
СП30-СП39	22,8	14,0
СП40-СП45	7,5	4,1
СП>45	16,4	7,2
Макс.СП	77	57

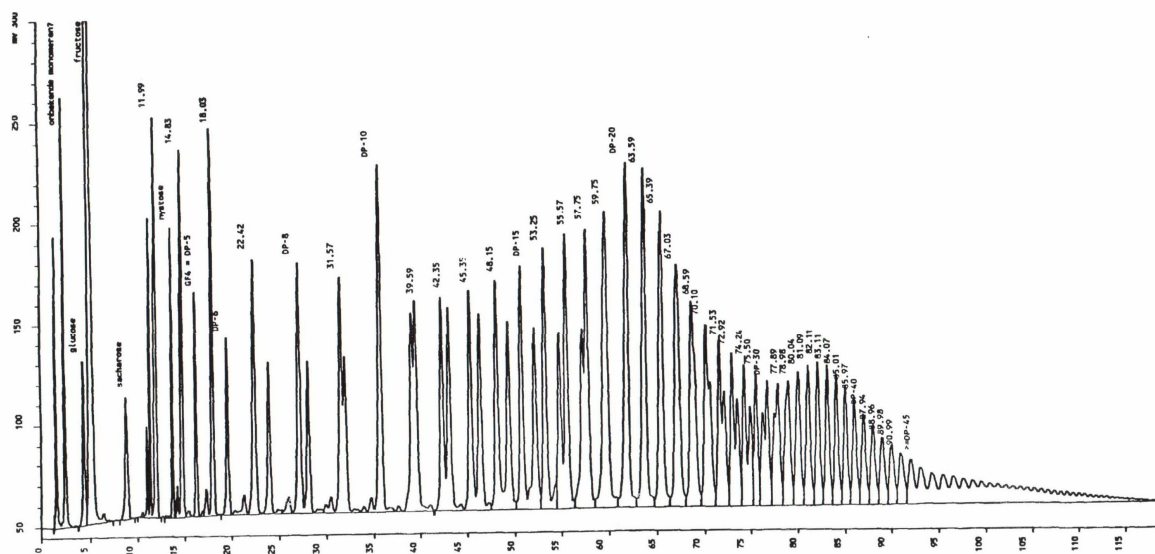


Рис.4.4. Гельхроматограма інуліну, одержаного із лопуха за допомогою спрощеної схеми.

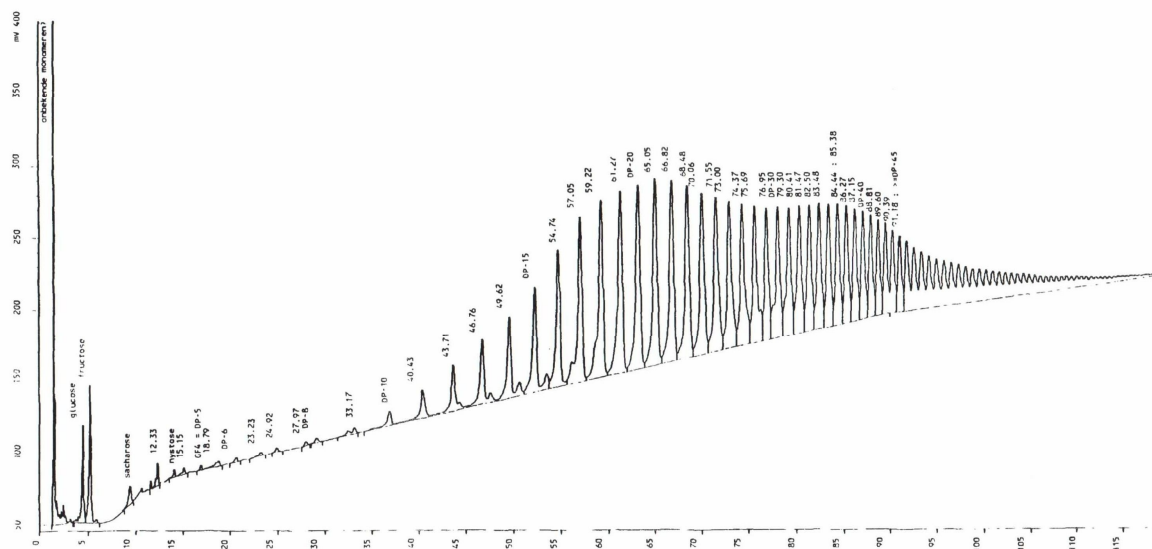


Рис.4.5. Гельхроматограма інулїну, одержаного із лопуха за допомогою комбїнованої схеми.

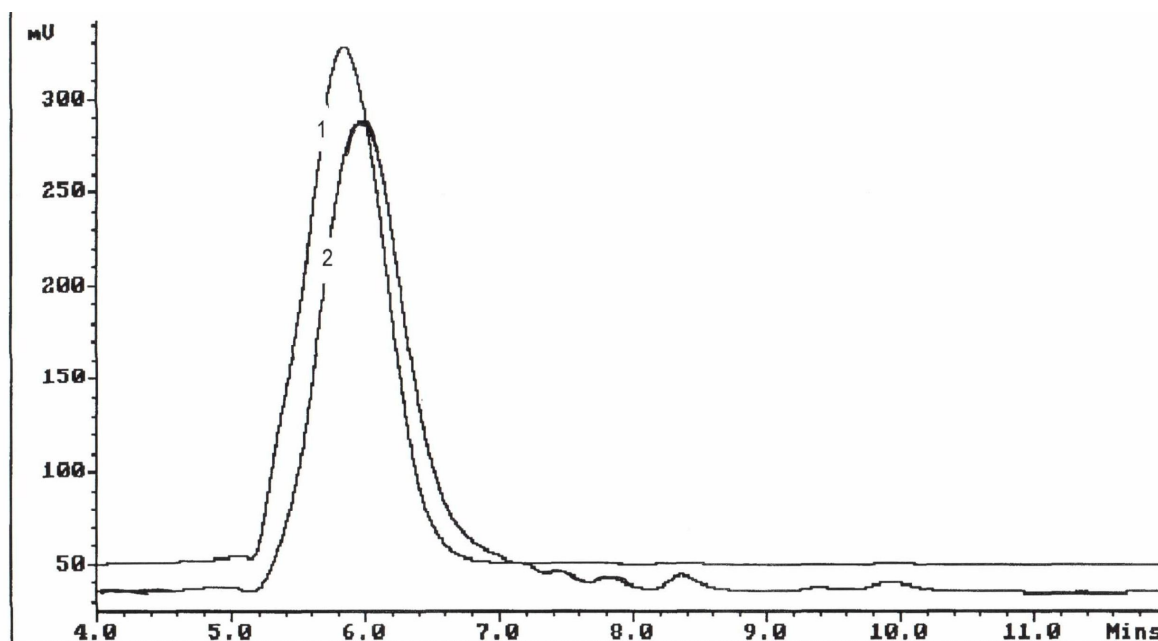


Рис.4.6. Рїдиннї хроматографи інулїну із лопуха – крива 1, євро зразка ВМ інулїну – крива 2.

Однак, в процесї випробувань та виробництва ВМ інулїну в умовах 2-го їм. Петровського цукрозаводу, нами було відмїчено суттєве зниження виходу

інуліну із сировини, у порівнянні із лабораторними випробуваннями, які проводились паралельно із виробничими. Аналіз виробничих втрат показав, що основні втрати готового продукту були на слідуючих етапах технологічної лінії:

#### ***Втрати при транспортуванні та мийці.***

Схема подачі клубнів топінамбуру з приймального бункера в миючу машину за допомогою грабельного транспортера і далі з мийки на подрібнювач за допомогою шнеку, приводить до значної кількості битих та пошкоджених бульб (до 10%), що приводить до втрат вуглеводів в миєчних водах до 1,5 % по масі бульб. Із них 0,3% приходить на ВМ інулін.

#### ***Втрати при пресуванні.***

В процесі виробництва було визначено період роботи пресу для отримання соку від подрібнення клубнів до закінчення процесу пресування. Цей період складається з двох етапів:

- а) Подрібнення і набір пакета для пресування 22 хв;
- б) Пресування 17 хв.

Таким чином загальний час одержання соку за допомогою пресів на виробничій лінії склав біля 40 хв.

Для визначення кількості втрат в жмиху внаслідок кристалізації інуліну, нами був проведений слідуючий експеримент:

Відбирали пробу соку, отриманого на виробничій лінії (проба А), і паралельно відбирали пробу топінамбуру із миєчної машини. З відібранного топінамбуру отримували сік на побутовій електросоковижималці (проба Б). Одержані проби фільтрували і після цього вимірювали вміст сухих речовин. В соці, отриманому пресуванням на лінії (проба А) вміст СВ було 19,1%, тоді як в отриманому на соковижималці (проба Б) був 20,2%. Різниця в сухих речовинах соків, отриманих різними методами, на нашу думку пояснюється тим, що інулін під час тривалого процесу підготовки до пресування і самого



пресування викристалізувався і був втрачений разом із жмихом. Таким чином, втрати 1,1 % ВМ інуліну можна пояснити недосконалістю технологічного обладнання циклічної дії для одержання соку пресовим методом. Цих втрат можна уникнути при використанні обладнання безперервної дії, де час, що витрачається на обробку одиниці сировини, не перевищує 1 – 10 хв.

### ***Втрати із жмихом після пресування.***

Жмих, одержаний після пресування, містив 32% сухих речовин. Для визначення втрат інуліну в жмиху ми проводили поточний контроль по данній методиці.

Наважку 30 г жмиха екстрагували в 300 мл води при температурі 80°C протягом 15 хв. Після цього жмих відфільтровували, а в отриманому фільтраті визначали сухі речовини і вміст інуліну. За вмістом сухих речовин розрахунковим методом визначали втрати вуглеводів в жмиху.

З метою визначення втрат інуліну спочатку визначали його вміст в екстракті. Для цього до 50 мл екстракту додавали 100 мл етилового спирту з тим, щоб провести повне осадження. Після утворення осаду інуліну його відділяли за допомогою центрифуги, а потім висушували при температурі 90°C до постійної маси. Ваговим методом визначали вміст інуліну в екстракті. Виходячи з того, що вихід жмиха становив 40 % від маси бульб, розрахунковим методом визначали втрати інуліну. Встановлено, що сумарні втрати на станціях мийка – одержання соку за період виробництва склали 1,6 % від маси переробленого топінамбуру.

### ***Втрати з промивними водами.***

Сік, одержаний після фільтрування, поступал в мішалки-кристалізатори, де охолоджувався до 3°C та знаходився до повного осадження і утворення границі розділу фаз. Після повного осадження інуліну об'єм осаду, що утворився дорівнював 50% початкового об'єму соку, який поступив на охолодження і кристалізацію. Після декантації, СР суспензії становили 23%,

декантату -15%. В декантаті визначали втрати інуліну спиртовим методом. Для цього до 50 мл екстракту додавали 100 мл етилового спирту з тим, щоб провести повне осадження. Після утворення осаду інуліну його відділяли за допомогою центрифуги, а потім висушували при температурі 90°C до постійної маси. Слід відзначити, що середня молекулярна маса інуліну у декантаті не перевищила 7-8 од., тому ці втрати ми не відносимо до загальних втрат ВМ інуліну у виробництві.

Середні втрати ВМІ з промивними водами при кожній промивці склали 0,2% по масі сировини, що в сумі після двох промивок склало 0,4%. Таким чином сумарні втрати ВМ інуліну в загальному циклі виробництва склали 2,0% по масі сировини, тоді як втрати ВМ інуліну, одержаного із тієї ж сировини в лабораторних умовах не перевищив 0,3%, що пояснюється відсутністю втрат при мийці та на стадії одержання соку за допомогою електросоковижималки, яка дає можливість уникнути 40-ка хвилинного витримання перед пресуванням, а процес подрібнення сировини та одержання соку іде одночасно.

Знизити втрати фруктанів в мийці можливо за рахунок підвищення рівня миючого агента в миєчному апараті, що значно знизить енергію тертя бульб чи коренів фруктанвмісної сировини між собою та зменшить руйнування клітин і вихід соку в миєчній воді. Також для запобігання втрат при пресуванні, температуру сировини потрібно підтримувати не нижче 20°C, що не дасть ВМІ кристалізуватись і відфільтровуватись через шар жмиха.

Запропоновані схеми змонтовані та випробувані на 2-му ім. Петровського цукровому заводі (Додаток В), на заводі продтоварів с. Сунки Смілянського р-ну, Черкаської обл. (Акти випробувань Додаток Б), а також за запропонованими технологіями ТОВ «НВП, Інулан, лтд» виробляє високомолекулярний інулін з різної інулінвмісної сировини (Додаток Г).

Технологічні параметри розроблених технологічних схем та наукові розробки захищені двома патентами України.

Як показали медико-біологічні дослідження високомолекулярного інуліну, його активність залежить не тільки від молекулярної маси, а й від того, наскільки була збережена його нативна будова при виробництві [260,261, 262]. Також велику роль в збереженні біологічної активності готового продукту відіграє вміст мінеральних та білкових речовин, які притаманні рослинній сировині з якої він був одержаний. Тому нами запропоновано технологію одержання нативного високомолекулярного інуліну (рис.4.7.).

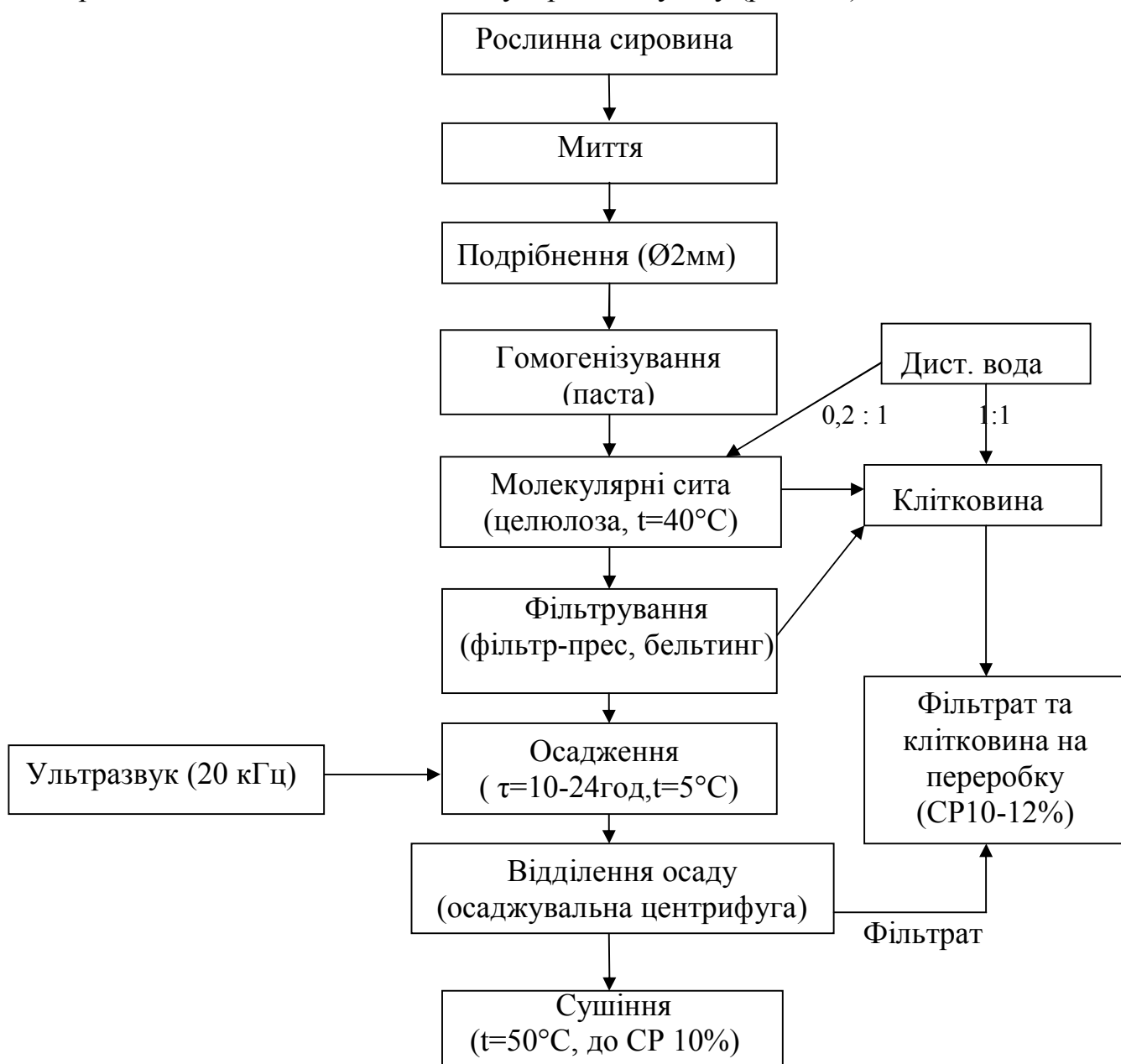


Рис.4.7. Принципова схема одержання нативного високомолекулярного інуліну (інулану).

Згідно запропонованої технології, будь-яка інулінвмісна рослинна сировина миється, подрібнюється до розмірів часток 1-2мм і далі в гомогенізаторі розмелюється до пастоподібної маси. До одержаної пасти додається льодяна вода в пропорції 0,2:1. Суміш фільтрують на молекулярних ситах, залишки клітчатки промивають льодяною водою, фільтрат охолоджують до температури +5° С, витримують у відстійнику-кристалізаторі з застосуванням ультразвукових коливань частотою 20 кГц до повного осадження інуліну. Декантують вільну вологу. Одержаний осад підсушують на відстійній центрифuzі та висушують у конвективній сушарці при температурі, не вищій +50°С.

Запропонована технологія одержання високомолекулярного інуліну (інулану) на сьогодні використовується ТОВ «НВП ІНУЛАН, лтд». Вона дозволяє виділити біологічно активний комплекс інулінвмісної рослинної сировини та повністю зберегти нативну будову високомолекулярного інуліну, так як в процесі виділення не застосовуються хімічні реагенти та високі температури.

Як показали медико-біологічні дослідження (Розділ 6), інулін, одержаний за такою схемою:

- знижує рівень цукру , холестерину, тригліцеридів і фосфоліпідів крові;
- знижує фактори ризику серцево-судинних уражень;
- виявляє імуномодулюючу дію;
- регулює роботу нервової системи і збуджуваність клітин;
- виявляє гепатопротекторну і антитоксинну дію;
- посилює дихання тканин;
- сприяє правильному росту організму;
- противодіє виникненню онкологічних захворювань;
- активізує роботу кровотворної системи, виводить із організму солі і радіонукліди;

- модифікує мікрофлору кишечника, сприяючи розвитку бактерій групи Біфідус і пригнічуючи розвиток патогенної мікрофлори;
- сприяє нормальному функціонуванню кишково-шлункового тракту.

Багаторічна практика переробки інулінвмісної сировини показала, що якісні та кількісні показники фруктанів, різні не тільки завдяки сировині, із якої вони одержані, але й залежать від строків переробки, а можливо і інших факторів. Тому потрібні були більш глибокі дослідження впливу умов вирощування фруктанвмісної сировини на виділення високомолекулярного інуліну.

#### **4.2. Вплив умов вирощування фруктанвмісної сировини на виділення високомолекулярного інуліну**

На даний час основними рослинними джерелами для одержання фруктанів прийнято вважати наступних представників родини складноцвітих, а саме цикорій, топінамбур, скорцонеру, оман, кульбабу, якон та жоржину. Однак літературні дані про їхній потенціал в якості носіїв фруктанів досить різноманітні. Це легко пояснюється тим, що накопичення інуліну в підземних органах рослин суттєво залежить від цілого ряду факторів, до яких відносяться сорт і вид рослини, кліматичні умови вирощування, склад і структура ґрунтів, на яких вирощувалася культура, термін збирання врожаю і т.д. Тому розробка будь-якої технології одержання цього рослинного полімеру неможлива без урахування вищезазначених факторів. Основною задачею даного дослідження було встановити закономірності накопичення високомолекулярного інуліну в рослинній сировині і визначити оптимальні строки збирання врожаю з метою одержання максимального виходу ВМ інуліну з гектару [263, 264, 265, 266, 267].

#### 4.2.1. Дослідження коріння цикорію.

Цикорій – найбільш поширений представник інуліноносних рослин. Своїй популярності ця рослина зобов'язана тим, що саме її використовують в якості заміни кави при виготовленні різноманітних кавових напоїв. Світове виробництво цикорію у 2010 році становило 1 213 тис. тонн. При цьому використовують не дикоростучі види цієї рослини, яку в народі називають «петрів батіг» за тонке і дуже видовжене коріння цієї рослини, а культивовані сорти, що мають форму коріння, більш схоже на велику моркву або цукровий буряк. Саме його застосовують в якості сировини європейські виробники низькомолекулярного харчового інуліну.

Насіння цикорію для проведення наших досліджень [268] висівали овочевими сівалками ГС-1,4, ГСД-1,4, СКОСШ -2,8 до 5-10 травня. Так як коріння цикорію викопували машинами для цукрового буряка, відстань між рядками 45 см.

На початку вегетації цикорій росте дуже повільно, це створює хороші умови для розвитку бур'янів. Для знищення багатьох із них застосовують гербіциди. Однак тут існують певні труднощі, так як частина бур'янів, таких як пирій, належить до тієї самої родини складноцвітих, як і цикорій і тому застосування гербіцидів цієї групи не є можливим. Альтернативою може бути механічне вилучення бур'янів, селекція ранніх сортів чи виведення стійких до гербіцидів різновидів.

Збір урожаю починали у вересні і закінчували із настанням морозів. Для збору коренеплодів застосовували бурякопідйомники СНУ ЗР, а також морквозбиральну машину ЕМ-11. Гичку цикорію обрізували, корені очищали від землі і сортували. Гичка, в основному, використовується на корм тваринам у свіжому або силосованому вигляді, але варто зазначити, що для цього можна використовувати гичку лише ранніх термінів збору урожаю (вересень – початок жовтня), при зборі урожаю у другій половині жовтня – листопаді гичка для годівлі тварин не придатна.

Від строків збирання врожаю коріння цикорію, як і більшості коренеплодів, залежить його вихід з гектару. Але це справедливо лише в певних проміжках часу. По досягненню піку урожайності у листопаді, вихід з га починає поступово знижуватися.

Закономірність, що чим пізніше викопувати коріння, тим більший його вихід в межах осіннього періоду, справедлива і для різних сортів. Нами проводилися дослідження врожайності різних сортів цикорію в залежності від дати висіву і терміну збору врожаю. Для дослідження були використані сорти французької селекції (Chrysolite, Fluor, Orchies), а також насіння цикорію української селекції, представленого інститутом цукрових буряків. Одержані дані наведені в табл.4.2.

Табл.4.2.

Залежність виходу коріння цикорію т/га від дати посіву та дати збирання врожаю.

Дата посіву	Дата збирання врожаю		Середній врожай
	2-а декада вересня	2-а декада жовтня	
Сорт Chrysolite			
15.04	35,52	37,10	36,81
10.05	34,86	35,12	34,99
Сорт Fluor			
15.04	35,18	35,94	35,56
10.05	33,24	34,35	34,80
Сорт Orchies			
15.04	35,08	36,25	35,77
10.05	37,44	38,18	37,81
Сорт української селекції			
15.04	32,44	33,58	34,61
10.05	32,72	34,06	35,04

Всі подальші дослідження проводилися із сортом української селекції, який хоч і показав найнижчі показники урожайності, але є районованим в Україні та найбільш доступний посівний матеріал. Для встановлення оптимальних строків збору врожаю нами проводилося дослідження накопичення інуліну в залежності від дати збору коренеплодів.

Встановлено, що СР соку в період збору врожаю залишається стабільною, тоді як кількість високомолекулярного інуліну зменшується в період вересень – листопад (рис. 4.8.).

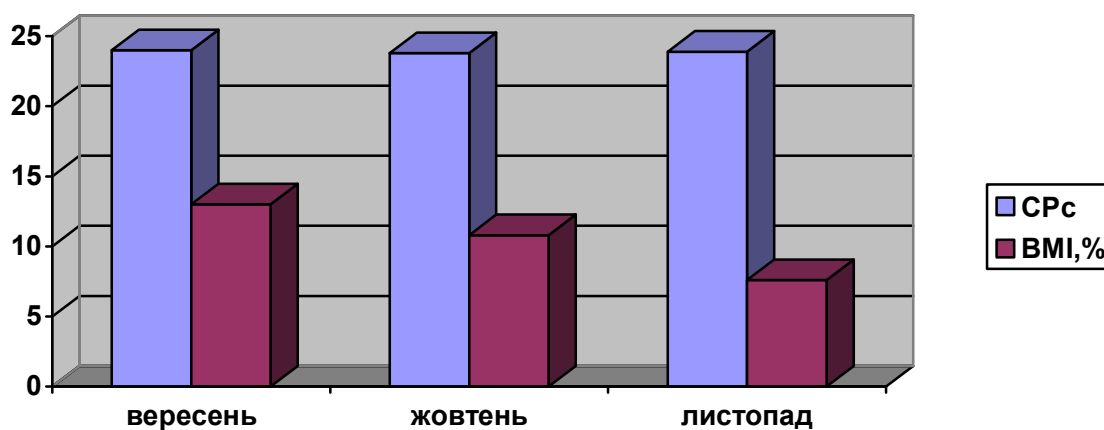


Рис. 4.8. СР соку та вміст високомолекулярного інуліну (ВМІ) в залежності від терміну збору коренеплодів цикорію.

Приймаючи до уваги той факт, що максимум високомолекулярного інуліну накопичується саме в той період, коли вихід коренеплодів мінімальний, то стимулювати фермерів заготовляти цикорій саме в цей період дуже важко. Тому було вирішено дослідити можливість скорочення термінів дозрівання урожаю і тим самим оптимізувати терміни збору і зацікавленість фермерів для збору урожаю в більш ранній термін. Для цього використовувалися наступні засоби.

Обробка цикорію регулятором росту і розвитку рослин препаратом Епін (епібрасинолід, 0,25 г/л), який забезпечує стимуляцію росту і розвитку рослин, прискорення дозрівання, підвищення врожайності та харчової цінності



овочевих культур, покращення якості технічних культур. Обприскування проводилося згідно з рекомендаціями для буряку: 2 рази в фазу «пучкової стиглості» і в фазу початку змикання гички із розрахунку 80 мл/га, при цьому витрати робочої рідини 300-400 л/га.

Підживлення рослин сумішшю мікроелементів, що містять в своєму складі фосфор, магній, калій, бор і марганець. Відомо, що фосфор діє як стартер для посилення розвитку кореневої системи і забезпечує енергонакопичення і енергообмін рослин. Калій прискорює ріст коріння. Магній сприяє прискоренню дозрівання коренеплодів, а також зменшенню співвідношення ваги гички до ваги коріння у коренеплодів. Бор прискорює швидкість переносу цукрів від зрілого листя до коренеплодів. Марганець теж сприяє накопиченню і переміщенню цукрів із листя до коренеплодів.

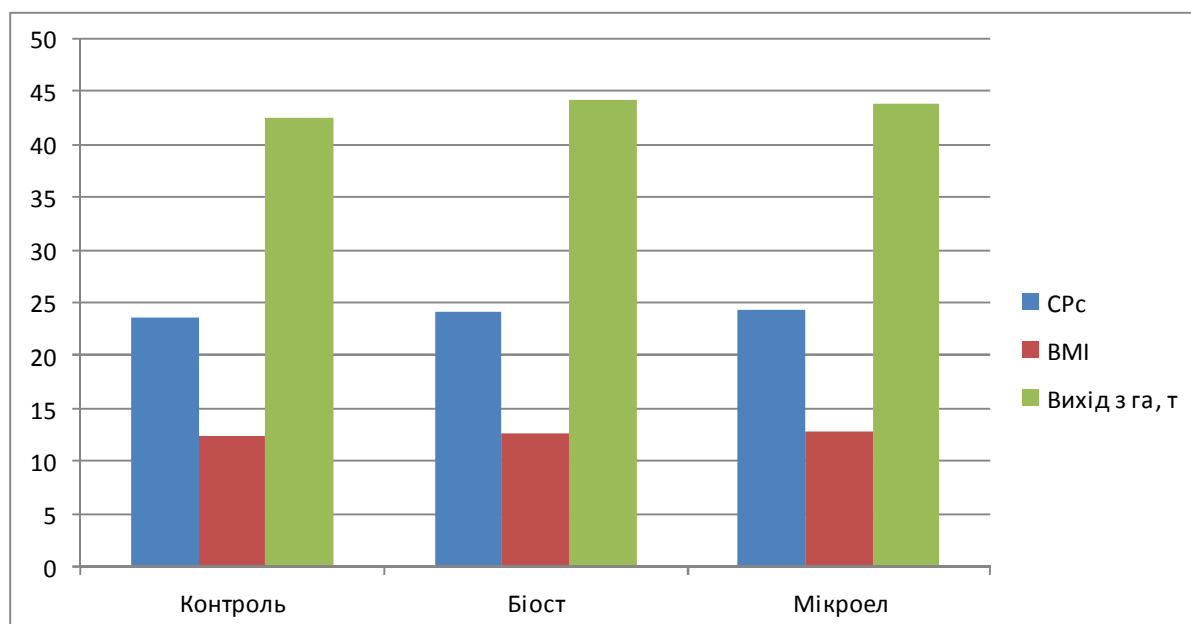


Рис. 4.9. Вплив обробки біостимулятором і підживлення сумішшю мікроелементів на вихід коренів цикорію т/га, СР соку та вміст ВМ інуліну.

Результати проведених досліджень приведено на рис. 4.9. Контроль – показники урожайності, СР соку і вміст високомолекулярного інуліну коренів цикорію, вирощених за звичайною технологією і зібраних в 2-й декаді вересня. Біост – ті ж показники, але для цикорію, обробленого біостимулятором епіном.

Мікроел – ті ж показники для цикорію, вирощеного з застосуванням суміші мікроелементів.

Рисунок 4.9. демонструє позитивну тенденцію прискорення накопичення маси коренів і відтік фруктанів в т.ч. і високомолекулярного інуліну із листя до коріння. Але, звичайно, цих дослідів не достатньо для вироблення загальних рекомендацій в даному напрямку, потрібно дослідити вплив різних біостимуляторів, а також різних співвідношень мікроелементів на прискорення дозрівання коренів і накопичення високомолекулярного інуліну.

Для визначення фракційного складу інуліну в період з 2005-2010рр. брали пробу коренів 10 кг із вирощуваного матеріалу 15 жовтня. За допомогою рідинної хроматографії аналізували фракційний склад. Середні дані приведені у табл.4.3.

Табл.4.3.

#### Фракційний склад вуглеводів цикорію.

Складові компоненти зразків вуглеводів	Вміст фракцій,%, $\pm 7\%$
Глюкоза	0,7
Фруктоза	1,1
Цукроза	1,4
СП3-СП9	13,9
СП10-СП19	18,7
СП20-СП29	22,1
СП30-СП39	20,2
СП40-СП44	7,8
СП>45	14,1

Отримані дані свідчать про те, що інулін із цикорію має велику кількість фракцій з високим  $>20$  од. ступенем полімеризації  $\sim 65\%$ . Середній СП $\cong 24,5$ , що є позитивним показником для цієї культури. З іншої сторони невеликий відсоток фракцій із СП $>45$  од. – 14,1% може зменшувати біологічну активність одержуваного ВМ інуліну та знижує його якісні показники.

#### 4.2.2. Дослідження бульб топінамбуру.

Хоча топінамбуру на даний час не має такого значного поширення в світі як цикорій, перспектива його використання в якості джерела високомолекулярного інуліну досить висока. Особливість структури бульб топінамбуру - наявність у зовнішній частині пробкової тканини, яка досить слабо розвинена. Таким ступенем її розвинутості спеціалісти пояснюють здатність топінамбуру легко втрачати вологу, якщо бульби нічим не захищені. Дякуючи такій своїй структурі тканин, топінамбуру не боїться ані сильної спеки, ні сильних холодів, він може рости у будь-яких кліматичних умовах.

Одним із головних факторів, які слід враховувати при оцінці можливості використання цієї культури – це різноманітність сортів (на даний час відомо близько 300), які суттєво відрізняються своєю формою, забарвленням, урожайністю, хімічним складом і т.д. Крім того сорти топінамбуру різняться по термінах дозрівання: існують ранньостиглі, середньостиглі і пізньостиглі сорти.

Форма бульб дуже різноманітна - від більш менш правильно опуклої до грушоподібної, іноді внаслідок значної розвиненості бічних паростків вона буває гіллястою або гроноподібною. Тому саме завдяки формі бульб деякі сорти не придатні для переробки в промислових масштабах, так як потребують дуже значних затрат зусиль на миття сировини.

На форму бульб також впливають і ґрунти, на яких вирощується топінамбуру. Найбільш рівні за формою бульби ми одержували на легких ґрунтах. Однак, дані югославських учених демонструють той факт, що склад ґрунтів суттєво впливає на вміст вуглеводів у бульбах.

Стосовно термінів збирання врожаю, то серед багатьох спеціалістів поширена думка, що найкращим періодом є весна, так як на протязі зими бульби продовжують свій ріст. Дані наших досліджень підтвердили той факт, що тільки для певних сортів це твердження є справедливим.

З метою дослідження оптимальних строків переробки топінамбуру, спільно з агрофірмою “Мальва-1”, нами було проведено дослідження біологічної продуктивності його різних сортів та вмісту ВМ інуліну. Було

використано 8 ранньостиглих сортів, 34 сорти середньої стиглості і 9 пізніх сортів.

Всі сорти вирощували в одних кліматичних умовах (Одеська обл.), на одних і тих же ґрунтах (чорнозем) [269]. У табл.4.4. приведені дані, одержані за період 1993-1995рр., найбільш продуктивних із досліджуваних сортів топінамбуру різних строків досягання. Збір урожаю проводили в період з кінця вересня до середини листопада.

Спостереження за динамікою урожайності бульб топінамбуру різної стиглості показали, що в кінці вересня мало місце наступне співвідношення.

**Ранньостиглі сорти** (8 зразків) мали урожайність в середньому 11,4 т/га. Мінімальна урожайність бульб в цій групі складала 3,3 т/га (сорт Dagnitral), максимальна урожайність - 20,4 т/га (сорт Blank precore).

**Середньостиглі сорти** (34 сорти) мали середню урожайність 16,3 т/га. Мінімальна урожайність - 1,6 т/га (сорт Іранський) і максимальна - 34,3 т/га (місцевий сорт Арменії).

**Пізньостиглі сорти** (9 зразків) мали середню урожайність 16,3 т/га, максимальний урожай - 25,1 т/га (9 сорт Вадим), мінімальна урожайність - 9,8 т/га (сорт Comtin) (табл.4.4.).

Для більшості досліджуваних сортів усіх груп скоростиглості характерна та обставина, що наприкінці вересня в загальній біомасі більш значну частину складає наземна частина.

На початок листопада досліджувані сорти топінамбуру мали наступне співвідношення.

**Ранньостиглі сорти** мали середню врожайність 22,2 т/га, тобто в 2 рази більше, ніж в кінці вересня. При цьому максимальна урожайність відмічалася в сорта Скороспілка і склала 34,9 т/га. Сорт Dagnitral мав також, як і у вересні мінімальну урожайність у групі - 9,3 т/га.

При цьому прибавка максимального урожаю склала 20,9 т/га (249%), мінімального - 6,4 т/га (317%).

Табл.4.4.

Середній, максимальний і мінімальний вихід бульб (т/га) та вміст ВМІ,% генотипів топінамбуру різних термінів досягання, зібраних восени.

Культури	Урожайність т/га			Вміст ВМІ, %		
	Серед.	Макс.	Мін.	Серед.	Макс.	Мін.
<u>Ранні сорти</u>						
Blank presore	24,4	34,9	11,5	11,5	14,4	6,7
Dagnitral	26,4	69,0	14,4	11,0	14,0	6,5
Скороспілка	27,3	40,8	13,8	8,6	10,5	6,0
<u>Середні сорти</u>						
Інтерес	48,8	68,0	19,8	11,6	13,6	8,8
Маркізовський	18,4	25,6	11,2	9,1	12,3	7,2
Находка	48,9	194,0	12,0	10,3	12,4	7,4
Violet de Rennes	38,1	61,7	20,0	9,9	11,0	7,0
<u>Пізні сорти</u>						
Comiikus iarsviacus	43,0	53,1	-	8,7	11,2	5,4
Дієтичний	21,8	26,1	17,7	9,5	11,0	6,1
Вадім	46,5	63,2	13,9	8,2	10,3	5,3

**Середньостиглі сорти** на початку листопада мали середню урожайність 35,9 т/га (тобто вдвоє більше, ніж у вересні). при цьому мінімальна урожайність в цій групі сортів склала 19,6 т/га (сорт American), тоді як у сорта Іранський (мінімальна урожайність бульб у вересні) урожай бульб склад 29,0 т/га, тобто збільшився більш, ніж в 10 раз.

Максимальна урожайність бульб склала 61,7 т/га (сорт Violet de Rennes вірменської репродукції). При цьому необхідно вказати, що прибавка урожаю цього сорту за період 28 вересня - 2 листопада склала 48,0 т/га і була максимальною серед досліджуваних сортів.

**Пізньостиглі сорти** на початку листопада мали середню урожайність 30,7 т/га. Максимум урожайності, як і у вересні, мав сорт Вадим - 59,7 т/га. В цій групі прибавка урожаю у порівнянні із вереснем склала 39,9 т/га (сорт comiikus iarsviacus).

Мінімальна урожайність бульб в цій групі сортів відмічалась у сорту Common (14,0 т/га).

У топінамбуру сорту Дієтичний на початку листопада урожайність бульб становила 26,1 т/га, тобто була близькою до середньої урожайності групи пізніх сортів.

Аналіз біологічної продуктивності сортів різної стиглості показує, що середні величини загальної біомаси рослин на кінець вересня мають близькі значення: у ранніх сортів - 32,5 т/га, середньостиглих - 36,7 т/га. В той же час по урожайності бульб спостерігаються значні відмінності як між сортами всередині кожної групи стиглості, так і між цими групами.

Найменша урожайність бульб осінню відмічається у ранніх сортів, найбільша - в середньостиглих сортів. Пізньостиглі сорти займають проміжне положення. Можна припустити, що при більш пізньому збиранні урожаю бульб (середина - кінець листопада) максимум урожайності припаде на пізньостиглі сорти.

Аналіз вмісту ВМ інуліну в осінній період для різних сортів показав, що його середні значення для середньостиглих та ранніх сортів майже однакові і склали для ранньостиглих – 8,6-11,5%, середньостиглих – 9,5-11,6%. Для пізньостиглих цей показник був дещо нижчим і склав 8,2-9,5%.

З огляду на те, що максимальні показники вмісту ВМІ у бульбах всіх груп стиглості та сортів припадають на вересень – початок жовтня, коли тільки ранньостиглі та в деякій мірі середньостиглі сорти показують достатню для виробництва урожайність – 10-20 т/га, а у пізньостиглих сортів вона менша 10 т/га, подальші дослідження проводились із сортами ранньої стиглості Blank Precore, D-19, Dagnitral, Скороспілка та середньостиглим сортом Інтерес, як таким, що показав хороші результати урожайності та вмісту ВМІ та який є районований в Україні.

Для визначення оптимальних строків збору урожаю топінамбуру з метою одержання максимальної кількості ВМІ з га, на експериментальній ділянці 0,2 га, весною було висаджено ранньостиглий сорт Dagnitral, як такий, що показав

середні значення в групі ранньостиглих сортів. Починаючи з 1-го вересня, кожні 15 днів відбирали 5 рослин середнього розвитку, викопували бульби через вагу яких віднесено до площі вирощування визначали урожайність та відділивши сік і осадивши ВМІ холодом, ваговим методом визначали вміст ВМІ. На рис.4.10. наведені дані (середні за 3 роки) досліджень по урожайності і накопиченню ВМ інуліну в сорті Dagnitral.

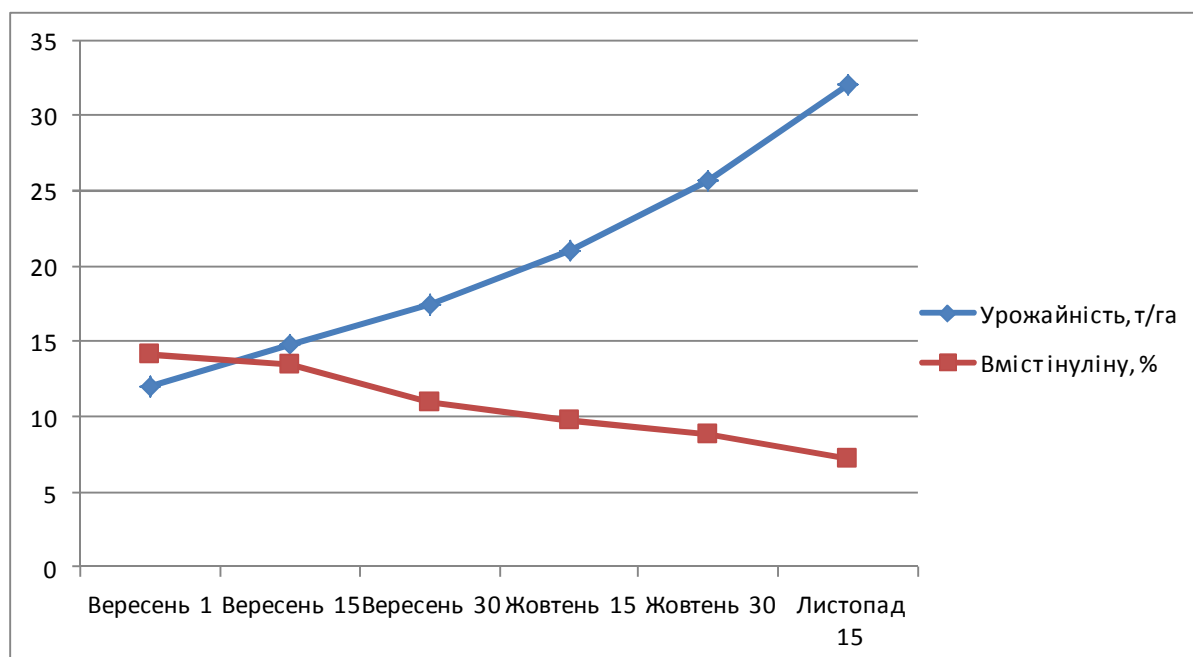


Рис.4.10. Дослідження динаміки накопичення маси бульб топінамбура сорту Dagnitral і вмісту ВМ інуліну в бульбах в залежності від фази розвитку.

Для визначення оптимальних строків збору урожаю ми користувалися співвідношенням – максимальний вміст ВМІ – не менше 10 т/га урожайність. Як видно із рисунка, оптимальними строками переробки можна вважати: початок – 10-15 вересня закінчення 15-20 жовтня. Переробка після 30 жовтня є недоцільною в силу того що при вмісті ВМІ нижчою 10%, вихід ВМ інуліну може скласти біля 3%.

Також проводили дослідження накопичення ВМ інуліну та маси бульб в залежності від типу ґрунтів в найбільш перспективних сортах.

Із сортів топінамбура ми відібрали ті, які мають стабільні урожаї і високий вміст високомолекулярного інуліну. За цими параметрами нами були відібрані наступні сорти: Інтерес, Blank Prescore, Скороспілка.

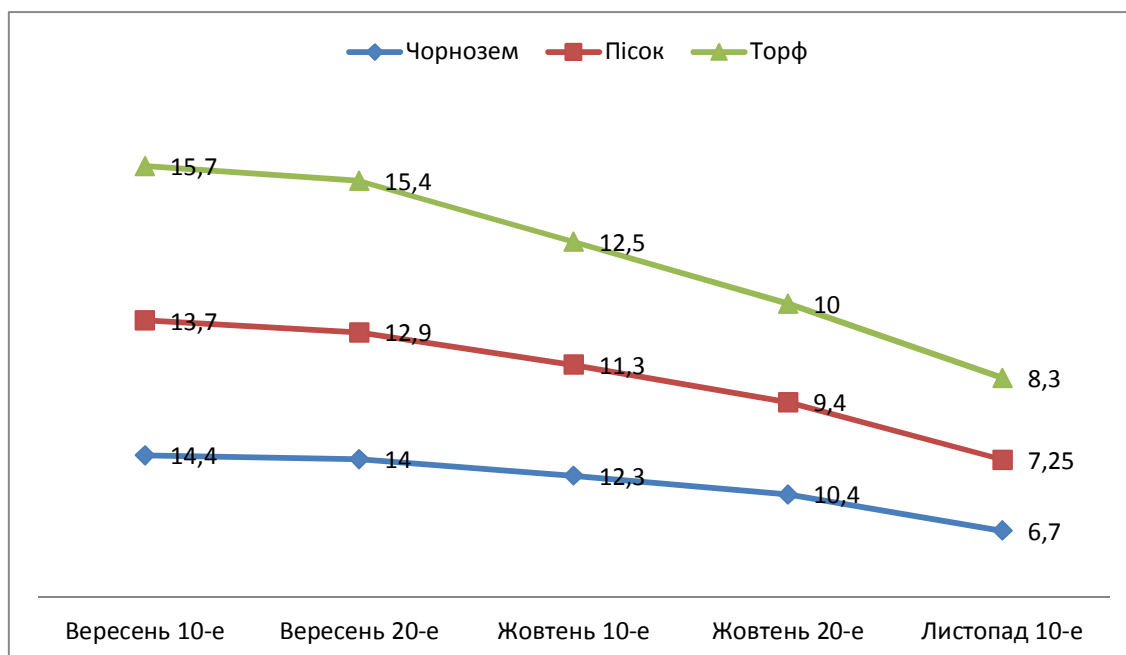


Рис.4.11. Динаміка накопичення ВМ інуліну в бульбах сорту Blank Prescore в залежності від фази розвитку та поживності ґрунту.

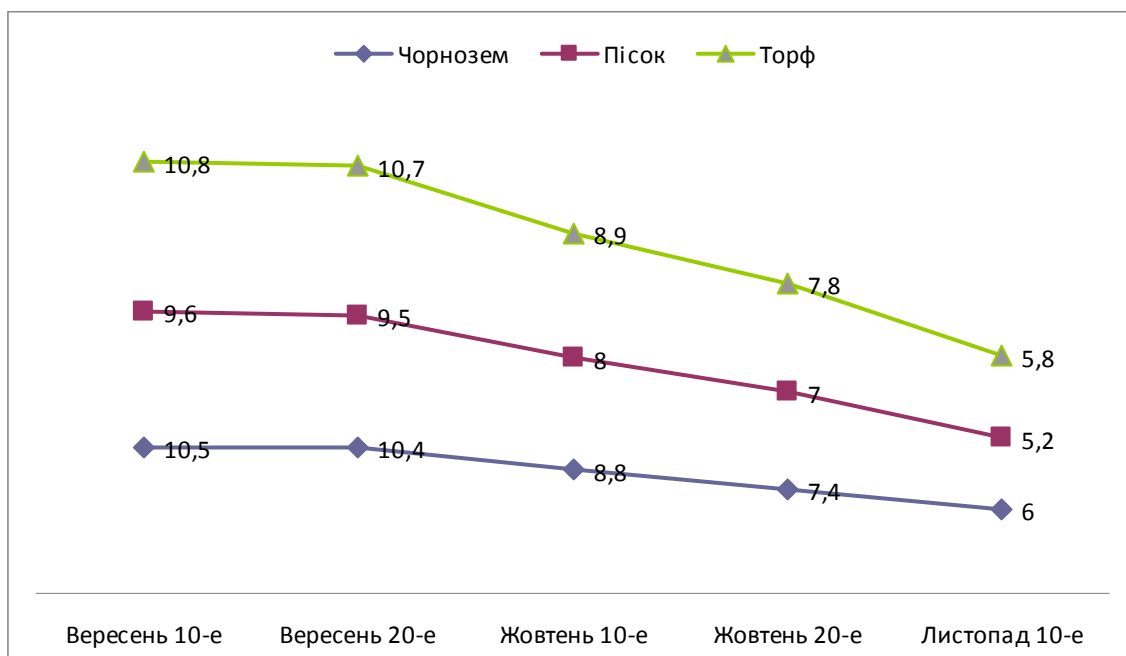


Рис.4.12. Динаміка накопичення ВМ інуліну в бульбах сорту Скороспілка в залежності від фази розвитку та поживності ґрунту.



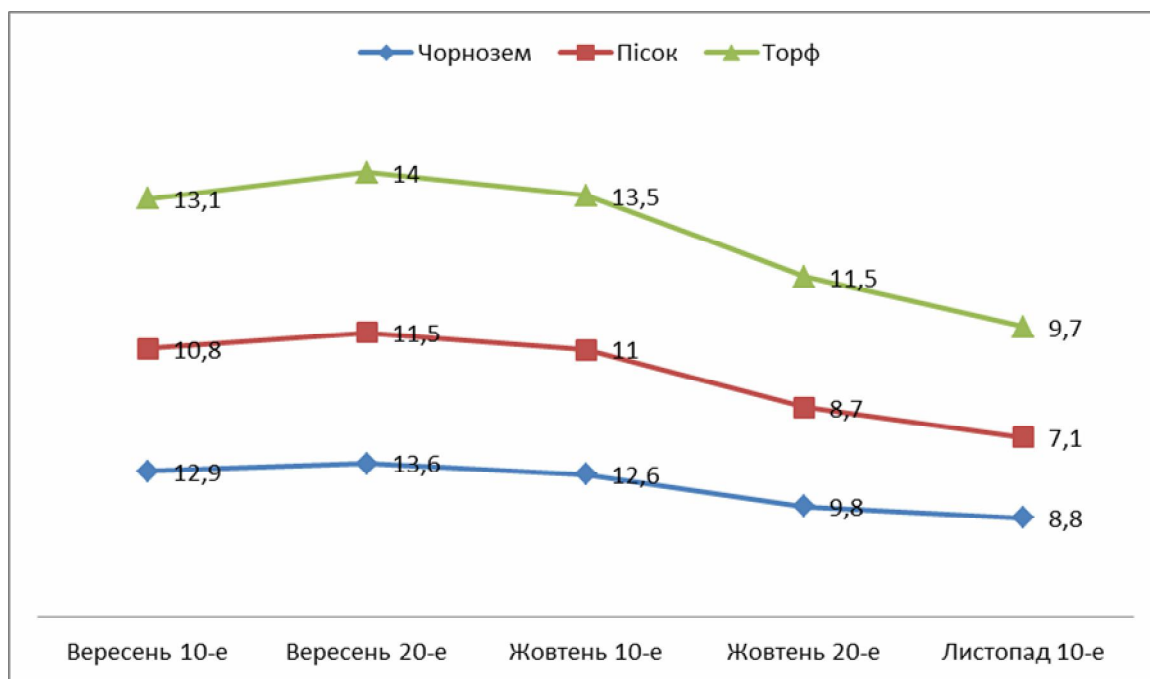


Рис.4.13. Динаміка накопичення ВМ інуліну в бульбах сорту «Інтерес» в залежності від фази розвитку та поживності ґрунту.

Дані сорти вирощували в одній кліматичній зоні на трьох різних типах ґрунтів: чорнозем, піщані ґрунти і торф'яні ґрунти з високим вмістом гумусу.

Динаміка накопичення інуліну для цих скороспілих сортів наведена на рис.4.11-13.

Як видно із наведених рисунків, максимальна кількість інуліну в бульбах накопичується з вересня, тоді як у жовтні вміст ВМ інуліну починає суттєво зменшуватися. Що стосується типу ґрунту, який більше всього підходить для вирощування топінамбуру, то варто нами встановлені наступні закономірності.

1. Топінамбур, вирощений на піщаних ґрунтах, має найбільш вирівняні по формі бульби, які легко відмиваються у мийці, але накопичують менше всього інуліну у порівнянні із іншими ґрунтами.

2. Вирощений на чорноземі топінамбур показав проміжні значення середнього вмісту ВМІ в бульбах у порівнянні з піщаним ґрунтом та торфом, але в період збору урожаю гнізда рослин були сформовані дуже компактно, що значно утруднювало їх механізовану викопування та подальше очищення від залишків ґрунту.

3. Найвище накопичення ВМІ в бульбах спостерігали в сортах, вирощених на торф'яних ґрунтах, які також є легкими і не затрудняють механізований збір та подальшу очистку бульб. Бульби з таких ґрунтів мають правильну форму і легко піддаються очистці.

#### 4.2.3. Дослідження коріння лопуха

Лопух (*Arctium lappa* L.) в якості сировини для одержання інуліну стали розглядати порівняно недавно, хоча сама рослина має велику харчову цінність. У Франції, Бельгії, США та Китаї його розводять на городах та промислових плантаціях. В Японії він введений у культуру, де під назвою Гобо вирощується для приготування із його коренів різноманітних страв.

Існує 11 видів цієї рослини і зовні вони мало чим відрізняються. Але найбільше поширення мають два види: лопух великий (*A. lappa*) і лопух павутинистий (*A. tomentosum*). Саме ці види ми й досліджували [270,271,272]. При цьому дослідження проводилися двома способами:

1. Досліджували накопичення інуліну в коренях дикоростучих рослин.
2. В природі зібрали насіння двох видів лопуха і посіяли на обробленому полі.

Крім того, в експериментах досліджували також сорт лопуха великого «Самурай» російської селекції, а також два сорти лопуха японської селекції *Takinogava Long* і *Watanabe Early* – виробник *Takii & Co, Ltd*.

Вирощували лопух справжній на родючих ґрунтах як дворічну культуру на ділянках поза сівозміною. Під зяблеву оранку вносили 5-10 т/га перепрілого гною з мінеральними добривами  $P_{10}K_{10}$ . Під передпосівну культивуацію вносили  $N_{10}$ . Сіяли у травні широкорядним способом з міжряддям 45 см. Для дикоростучих сортів норма висіву була 30 кг/га, для культурних – 1-2 кг/га, глибина загортання насіння 1-2 см. Після появи сходів міжряддя двічі розпушували з інтервалом 10-15 днів. Далі міжряддя обробляли через 12-15 днів. Залежно від наявності вологи у ґрунті за цей період 2-3 рази поливали по 200-250 м<sup>3</sup>/га і одночасно підживлювали амофосом (0,5 ц/га). У червні рослини

змикалися в міжряддях, тому розпушування припиняли. Збирали кореневища восени - у жовтні. Листя скошували, викопані кореневища очищали від землі, видаляли рештки наземної маси і тонкі корінці.

Нами проводилися дослідження динаміки накопичення маси коріння. Для дикоростучого лопуха експеримент проводили насупним чином. Вибиралася ділянка землі розміром приблизно 100 на 100 м, на якій було досить велике скопичення рослин лопуха великого 1-го року життя. Однорічні рослини були вибрані саме тому, що лише вони мають порівняно м'яке коріння, яке може бути перероблене на сік. Рослини другого року мають коріння, яке за своєю структурою більше нагадує деревину. До того ж саме коріння першого року заготовляють і для виготовлення ліків.

Із вибраної ділянки 1 раз у місяць відбирали 25 коренів дикоростущих рослин, чистили, мили і зважували. Потім визначали середню масу 1 кореня, урожайність та вміст ВМ інуліну.

Корені лопуха, які вирощували на полі, викопували в той же час. Дані досліджень середньої маси кореня наведені в табл. 4.5.

Табл.4.5.

Середня маса кореня лопуха в залежності від фази розвитку, г.

Вид лопуха	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад
Дикорост. Л. великий	170	260	330	530
Дикорост Л. павут.	150	210	280	330
Поле Л. великий	160	270	345	550
Поле Л. Павут.	180	235	300	350
Лопух Самурай	160	275	350	525
Л. Takinogava Long	70	90	100	110
Л. Watanabe Early	90	115	125	135

Аналізуючи дані, приведені в табл.4.5. очевидно, що найбільшу масу накопичує коріння лопуха великого, причому вирощений як в природніх

умовах, так і на дослідній ділянці. Однак, варто зазначити, що це маса лише частини кореня. Це зумовлено тим, що коріння лопуха великого проникає в ґрунт на глибину до 1 м і більше, а тому викопувати вдавалося коріння на глибині 25 см. Очевидно, що значна частина коріння залишається в ґрунті. Ще одна проблема дикоростучого лопуха – це дуже розгалужена коренева система, що є суттєвим недоліком для технологічного процесу його переробки. Сорти японської селекції хоча і мають меншу масу кореня, але є можливість повністю видаляти кореневу систему із ґрунту, так як довжина коріння не перевищує 30-35 см. При цьому коріння пряме, практично не розгалужене і листкова маса цих сортів не така масивна і розлога, що дає можливість висівати ці сорти у 1,5 – 2 рази щільніше у порівнянні із лопухом великим та павутинчастим, що приведе до збільшення урожайності коріння цих сортів з гектара.

Аналіз урожайності та накопичення високомолекулярного інуліну у корінні різних видів лопуха приведений в табл. 4.6.

Табл.4.6.

Урожайність т/га та вміст ВМ інуліну, % в коренях різних видів лопуха в залежності від фази розвитку.

Вид лопуха	Вересень		Жовтень		Листопад	
	ВМІ	Урож.т/га	ВМІ	Урож.т/га	ВМІ	Урож.т/га
Дикорост.Л.великий	16,4	12,5	17,7	15,9	18,8	25,6
Дикорост Л. павут.	14,7	10,1	15,8	13,5	17,6	15,9
Поле Л. великий	16,5	13,0	17,6	16,6	18,9	26,5
Поле Л. Павут.	15,6	11,3	16,7	14,5	18,7	16,9
Лопух Самурай	13,3	13,3	14,3	16,9	15,5	25,5
Л.Takinogava Long	7,2	4,3	8,3	4,8	9,2	5,3
Л. Watanabe Early	6,7	5,4	7,5	5,9	8,9	6,4

Дані, наведені в табл.4.6., свідчать про те, що на відміну від топінамбуру і цикорію лопух в період вересень – листопад продовжує накопичувати ВМ інулін та збільшується його урожайність. Крім того очевидно, що інулін у

складі лопуха більш стійкий до несприятливих кліматичних умов, зокрема заморозків. Цей фактор має велике значення у проектуванні процесу промислового виробництва інуліну, так як дозволяє подовжити тривалість виробничого процесу. Також очевидно, що сорти японської селекції Л. Takinogava Long та Л. Watanabe Early для одержання високомолекулярного інуліну мало придатні в силу своєї невеликої 5-6 т/га урожайності та низького вмісту 7-9% ВМІ, хоча вони і є перспективною сировиною для продуктів функціонального і оздоровчого харчування.

Проблему довгого і не правильної форми коріння лопуха великого ми намагалися вирішити наступним чином. На протязі 3-х років ми відбирали екземпляри рослин з корінням правильної форми, довжиною до 30 -35 см і з масою не менше 400 г. Ці рослини висаджували знову і збирали насіння. В результаті нам вдалося одержати коріння лопуха з довжиною 35-50 см і правильною формою, яка більше схожа на коріння цикорію.

Паралельно із вищеописаними дослідженнями, проводився аналіз вуглеводного складу лопуха великого, вирощеного у полі у Київській області. Час збору - середина жовтня. Дослідний період - 1995-2000 рр. У табл.4.7. приведені середні дані досліджень фракційного складу інуліну лопуха великого за цей період.

Таблиця 4.7.

Фракційний склад вуглеводів лопуха великого, поле (середні дані 1995-2000рр.).

Складові компоненти зразків вуглеводів	Вміст фракцій, %,±6,5%
Глюкоза	0,1
Фруктоза	0,1
Цукроза	0,1
СП3-СП4	0,3
СП5-СП9	0,1
СП10-СП14	7,7

Продовження табл.4.7.

СП15-СП19	10,2
СП20-СП24	15,5
СП25-СП29	16,7
СП30-СП34	9,5
СП35-СП39	9,7
СП40-СП44	11,7
СП>45	18,3

Отримані дані свідчать про те, що інулін із лопуха має велику кількість >80% фракцій із ступенем полімеризації >20 од, а середній СП $\cong$ 29 вищий ніж у скорцонери, топінамбуру та цикорію і практично однаковий із оманом. Малий відсоток вмісту моно-,дицукрів та НМ інуліну  $\sim$ 1%, дає змогу повністю видаляти ВМІ із соку за допомогою низьких температур, без застосування дегідратантів.

Таким чином, цілком очевидно, що при відповідній селекційній роботі і культивованому вирощуванні, лопух може бути перспективною сировиною для одержання ВМ інуліну.

#### **4.2.4. Дослідження впливу ідентичних агротехнічних та кліматичних умов вирощування на продуктивність, вміст ВМІ та фракційний склад фруктанів, одержаних із різної рослинної сировини.**

Приймаючи до уваги, що агротехнічні та кліматичні умови вирощування мають суттєвий вплив на накопичення та молекулярно-масовий розподіл резервних вуглеводів в рослинах і з огляду на те, що дослідження урожайності і накопичення високомолекулярного інуліну для різних культур проводилися в різний час і в різних кліматичних умовах, проведення порівняльного аналізу урожайності та вмісту ВМ фруктанів в фруктанвмісних рослинах за таких умов не дає можливості з абсолютною достовірністю характеризувати динаміку росту урожайності та молекулярно-масовий розподіл фруктанів сировини. Так як головним ензимом, який відповідає за ріст довжини фруктанового ланцюга (полімеризацію фруктанів) в рослинах є 1 ФФТ і його активність є

індивідуальною для кожного інуліноноса і в значній мірі залежить від кліматичних умов їх вирощування, то проведення порівняльного аналізу стає можливим за виконання наступних умов:

- Одночасний посів;
- Одночасне проведення всіх технологічних операцій по вирощуванню;
- Однакове і одночасне підживлення;
- Однакова сума температур та вміст вологи в ґрунті;
- Однаковий склад ґрунтів;
- Однаковий термін вегетації.

Тому з метою виконання даних умов та проведення найбільш точної порівняльної характеристики урожайності, загальної кількості фруктанів та вмісті ВМ інуліну в відібраних інуліноносах, у 2012 році був проведений наступний комплекс досліджень [273].

Була закладена експериментальна ділянка розміром 120x50 м, що відповідало площі 0,6 га на території с/г комплексу с. Княжичі Броварського р-ну Київської обл. Ділянку розділили на шість рівних частин розмірами 50x20 м. На кожен з ділянок висівали, або висаджували наступні культури:

- ділянка 1 – цикорій сорт Orchies, як такий що показав найвищу урожайність при високому вмісті ВМІ;
- ділянка 2 – топінамбур сорт Інтерес, який є найбільш поширений в Україні та показав стабільні високі результати урожайності та накопичення ВМІ і є єдиним районованим сортом топінамбуру на території пострадянського простору;
- ділянка 3 – лопух великий, який показав кращі технологічні результати ніж лопух павутинчастий та японські сорти лопуха їстівного (Гобо);
- ділянка 4 – скорцонера (чорний корінь) сорту Вулкан, як такий, що виявив більшу урожайність порівняно з іншими сортами при однаковому накопиченню ВМІ;

- ділянка 5 – кульбаба лікарська, яка була висіяна насінням другого року культурних посадок;

- ділянка 6 – оман високий.

Посів провели 19 квітня, температура ґрунту при посіві становила 11,3°C.

Сходи на ділянках, крім ділянки 2, проріджували, залишаючи 1 паросток через кожні 10-15 см. На ділянці 2 потреби в проріджуванні не було, так як топінамбур висаджували бульбами із заданими проміжками 45x45 см між рослинами. Після викидання третього листка, ручним способом видаляли бур'яни з площі. Через місяць очистку від бур'янів повторювали. При проріджуванні та прополках паралельно сходи та паростки обробляли стимулятором росту Епін з розрахунку 80 мл/га, при витратах робочої рідини 300-400 л/га. Збір урожаю проводили в три етапи – 1/3 - 15 вересня, 1/3 – 15 жовтня і залишок 10 листопада.

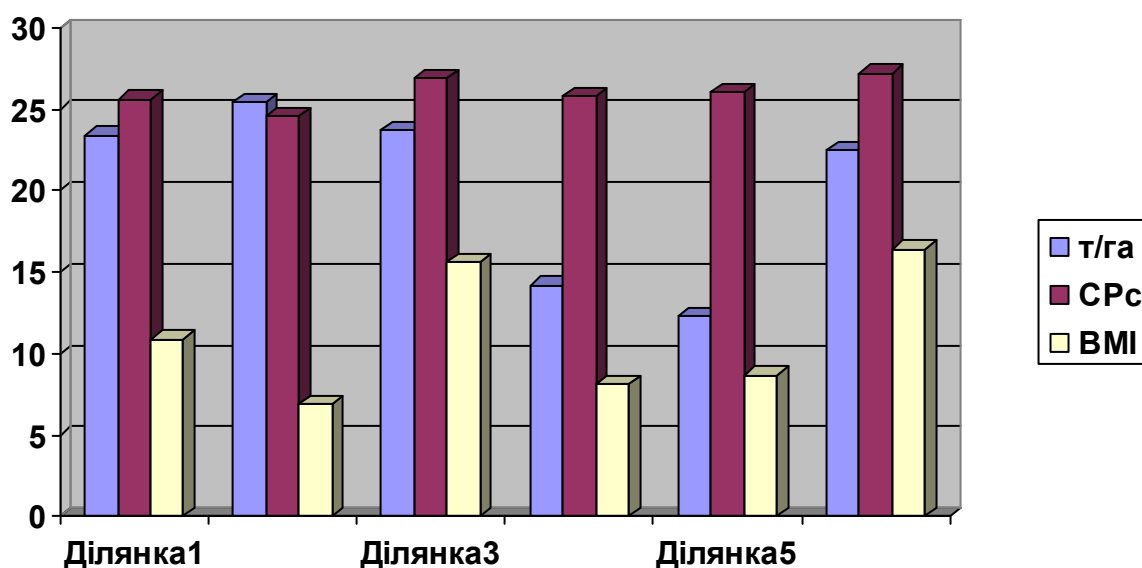


Рис.4.14. Урожайність (т/га), сухі речовини соку (CPc) та вміст ВМ інуліну в культурах зібраних 15 вересня.

У зібраних бульбах та коренях всіх культур визначали CP соку та вміст ВМ інуліну, також визначали урожайність рис 4.14, 4.15. та 4.16.



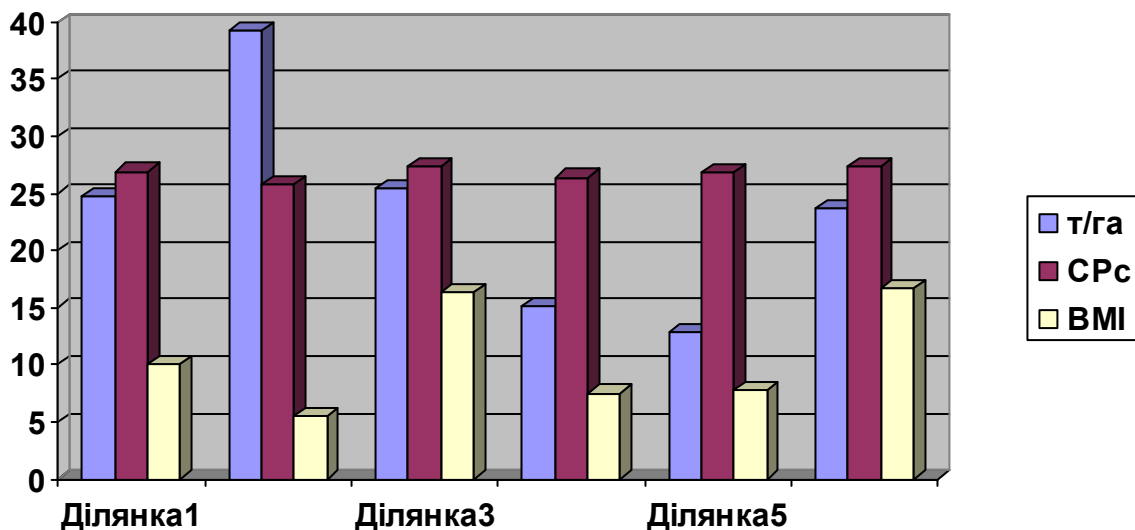


Рис.4.15. Урожайність (т/га), сухі речовини соку (CPc) та вміст ВМ інуліну в культурах зібраних 15 жовтня.

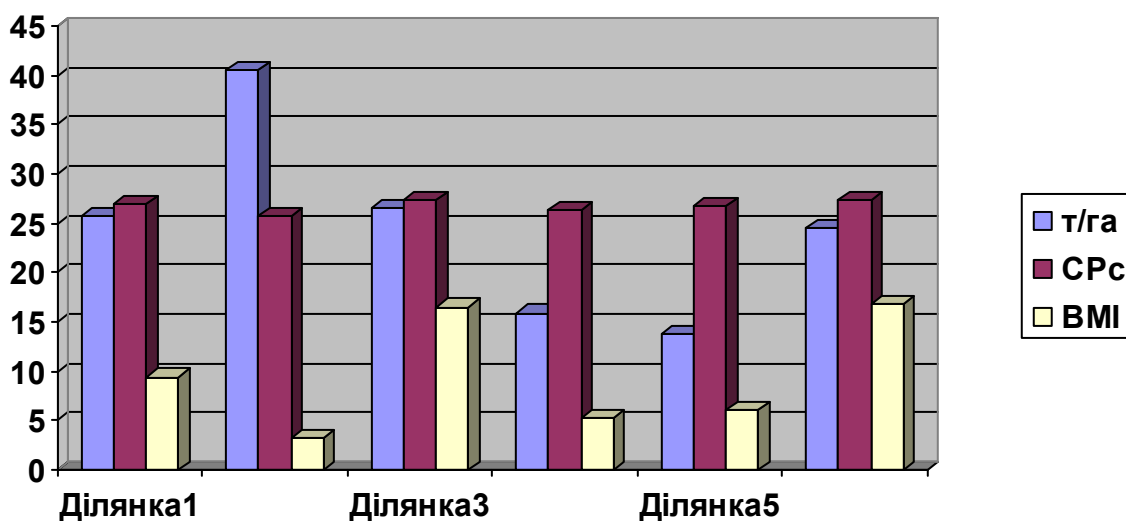


Рис.4.16. Урожайність (т/га), сухі речовини соку (CPc) та вміст ВМ інуліну в культурах зібраних 15 листопада.

Аналіз діаграм показав, що CP соку, для кожної з піддослідних культур, практично не залежить від строків збору урожаю і з вересня по листопад збільшується у кожній інулінвмісній рослині в межах +5-7% на місяць.

Урожайність кожної культури, крім топінамбуру, протягом періоду вересень – жовтень підвищувалась в прямо пропорціональній залежності + 7-

9% на місяць. Топінамбур в цей період вегетації показав приріст +54,7%. В період з 15-го жовтня до моменту повного збору урожаю, можна відмітити незначне зниження урожайності на 2-5% для кульбаби, скорцонери та цикорію, а топінамбур, лопух та оман в цей період прибавили ще ~ 3% ваги.

Вміст ВМ інуліну протягом осені також змінювався. Топінамбур у період з 15 вересня по 15 листопада показав прямолінійне зниження вмісту ВМ інуліну із 6,9% до 3,2%. Можна припустити, що ферментна система бульб топінамбуру в цей період працює на частковий розклад ВМ інуліну, а енергія, яка при цьому вивільняється, використовується на приріст кліткової маси, чим можливо пояснити значний > 50% приріст його урожайності.

Корені лопуха та омани, на відміну від топінамбуру, показали прямолінійний приріст вмісту ВМ інуліну за аналогічний період від 15,6% до 16,4% у лопуха і від 16,4% до 16,8% у омани. Таким чином, за рахунок стабільності приросту урожайності та вмісту ВМ інуліну протягом вегетативного періоду, корені лопуха та омани можна вважати найбільш перспективними для одержання ВМІ.

Корені скорцонери, цикорію та кульбаби показали незначне зниження вмісту ВМ інуліну в період з 15 вересня по 15 жовтня: скорцонера з 8,1% до 7,5%, цикорій з 10,9% до 10% і кульбаба з 8,7% до 7,8%. Далі до 15 листопада відзначали різке зниження вмісту ВМІ для скорцонери із 7,5% до 5,3% і для кульбаби з 7,8% до 6%, тоді як вміст ВМІ цикорію далі незначно знизився з 10% до 9,4%. Звідси можна вважати, що оптимальними строками переробки скорцонери та кульбаби з метою одержання ВМ інуліну є період середина вересня – кінець жовтня, тоді як цей же період для цикорію може бути збільшений до кінця листопада.

Крім урожайності і накопичення ВМ інуліну важливим питанням для досліджень є і фракційний склад інуліну. Зразки ВМ інуліну, із инулинвмісних культур, зібраних 10 жовтня, досліджували допомогою рідинної хроматографії високого тиску (HPLC). Фракційні склади інуліну з різних культур, отримані в результаті хроматографічного аналізу, представлені в табл.4.8.

Табл.4.8.

Фракційний склад інуліну різних інулінвмісних культур.

	Топінамбур	Цикорій	Кульбаба	Дев'ясил	Лопух	Скорцонера
СП до 10	8,3	8,5	11,6	0,9	0,7	14,1
СП10-СП19	24,6	25,6	18,9	14,8	17,9	17,8
СП20-СП29	26,9	26,8	24,1	34,1	32,2	25,1
СП30-СП39	20,6	21,2	20,8	20,3	19,2	18,2
СП>40	19,5	17,9	24,6	29,6	30,0	24,8

Представлені в табл.4.8. дані, свідчать про те, що інуліни, виділений із лопуха і дев'ясилу, мають більшу кількість фракцій зі СП>20 од., 84,3% у дев'ясилу і 81,4% у лопуха, від загальної кількості інуліну і мінімальною кількістю з СП до 20 од. Тоді як фракційному складі топінамбуру, цикорію, кульбаби і скорцонери переважають фракції із СП від < 10 до 30 од., їх вміст знаходиться в межах 50 – 60%.

Таким чином, за рахунок стабільності приросту урожайності і високого вмісту ВМ інуліну протягом вегетативного періоду, коріння лопуха і дев'ясилу можна вважати найбільш перспективними для одержання ВМФ.

### 4.3. Розробка способу одержання кавового напою.

В процесі переробки інулінвмісної сировини на високомолекулярний інулін, основними відходами є жмих після відділення соку при одержанні інуліну із культур, які містять інулін із середнім ступенем полімеризації 25 та фільтрат після осадження високомолекулярного інуліну. Жмих після одержання інуліну за комбінованою схемою настільки бідний вуглеводами, що його

подальша переробка з метою одержання цінних харчових продуктів, або добавок може вважатися недоцільною. Для подальших досліджень ми брали жмих, одержаний при переробці цикорію, кульбаби та скорцонери за спрощеною схемою одержання ВМ інуліну.

Дослідження кількісного та якісного складу жмиха показало, що після відділення із інулінвмісної сировини соку, у жмиху залишається біля 30% сухих речовин, 12% із них вуглеводи, в т.ч. 3% високомолекулярний інулін. Дослідження молекулярно масового розподілу інуліну, проводились за допомогою гель хроматографії. Зразки для досліджень готували наступним чином: 100г жмиха висолоджували дистильованою водою у декілька стадій, до вмісту СР у воді на останній стадії висолоджування  $\cong 0$ . Одержані після кожної стадії екстракти змішували і уварювали під глибоким вакуумом при температурі 30-35°C до 100мл, фільтрували на беззольному фільтрі і визначали вміст СР в упареному екстракті. По СР 100мл екстракту судили про вміст вуглеводів у 100г жмиха. Практично СР 100мл екстракту = процентному вмісту вуглеводів у жмиху, за умови їх повного висолодження. Після визначення СР проводили гель хроматографію зразка рис.4.17. і по ній визначали молекулярно-масовий розподіл вуглеводів жмиха табл.4.9.

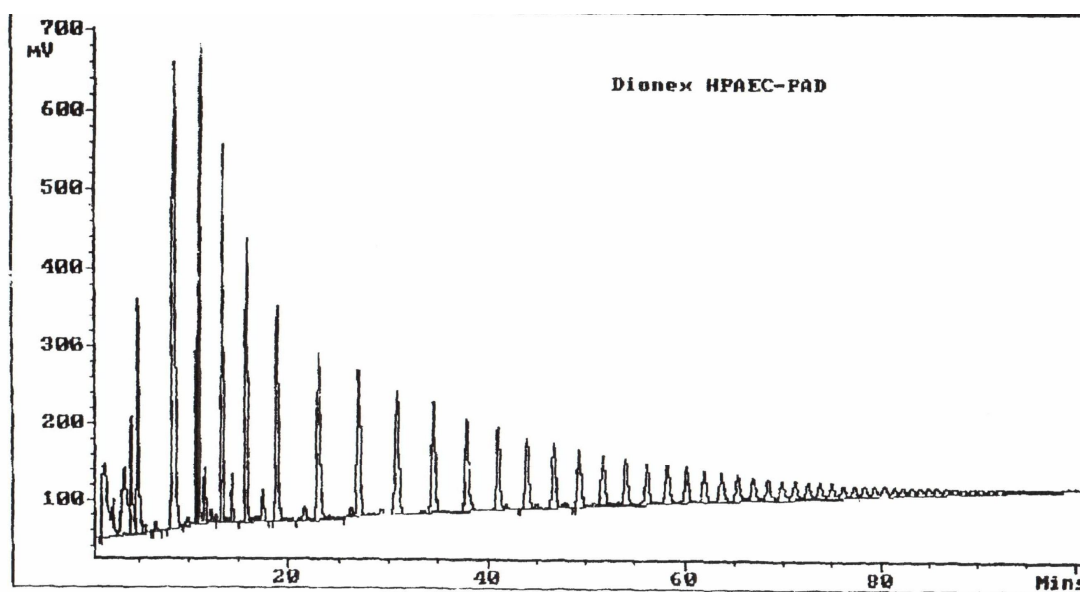


Рис.4.17. Гельхроматограма вуглеводного комплексу жмиха цикорію.

Вміст інуліну у відходах інулінового виробництва.

Фракції	Вміст фракцій інуліну у фільтраті, %.	Вміст фракцій інуліну у жмиху, %.
Глюкоза	0,2	0,7
Фруктоза	3,7	1,5
Цукроза	7,8	7,8
СП3-СП9	48,0	35,0
СП10-СП14	24,4	18,5
СП15-СП29	13,8	24,1
СП30-СП39	1,3	5,8
СП>40	0,8	3,9

Визначали також і мікроелементний склад жмиха, як надзвичайно важливу складову будь-якої сировини для одержання продуктів харчування табл.4.10.

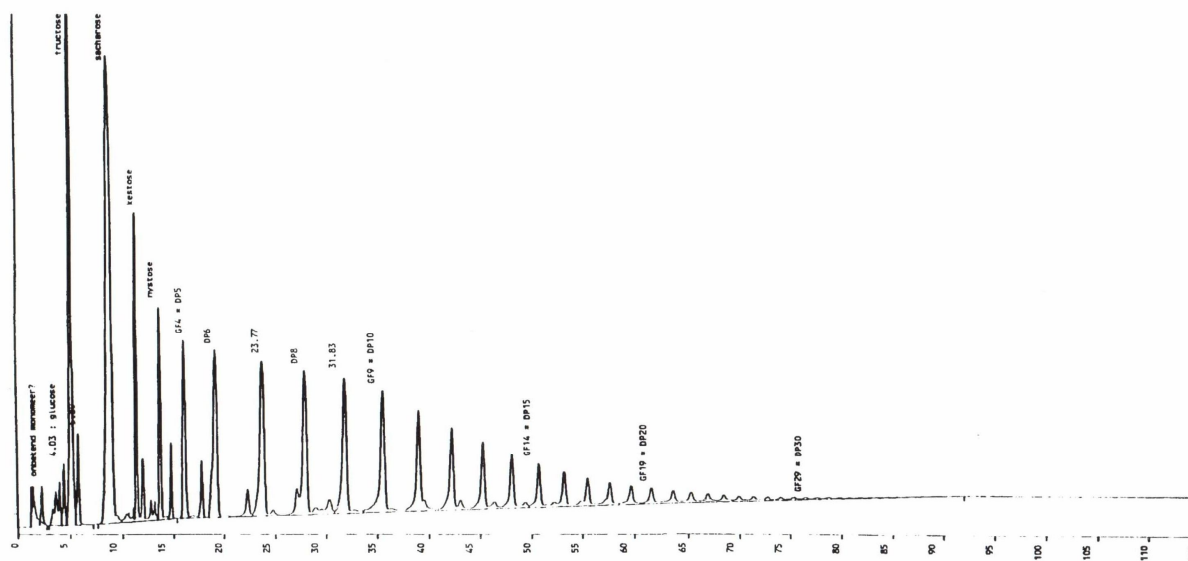


Рис.4.18. Гельхроматограма вуглеводного комплексу фільтрату цикорію.

Стосовно фільтрату, то його дослідження проводились в тій самій послідовності, що і дослідження жмиха. Після відділення високомолекулярного інуліну у ньому залишається 12-15% сухих речовин, із них 0,5-1% - речовини білкової та колоїдної дисперсності, все інше низькомолекулярна фракція інуліну із ступенем полімеризації 3-10, моноцукри та цукроза табл.4.9., рис.4.18.

Комплексно утилізувати фільтрат і жмих можливо, використавши їх в якості сировини для виробництва розчинних кавових напоїв, які традиційно виробляються із цикорію та ячменю.

Табл.4.10.

## Мінеральний склад відходів інулінового виробництва

Мікроелементи	Вміст мікроелементів у фільтраті, %.	Вміст мікроелементів у жмиху, %.
Калій	2,03	2,49
Натрій	0,05	0,01
Кальцій	0,23	0,18
Магній	0,1	0,04
Азот	3,57	1,32
Солі SO <sub>4</sub>	2,79	3,58

Після ряду лабораторних експериментів по екстрагуванню вуглеводів із жмиха та використання в цьому процесі фільтрату інулінового виробництва, нами зроблено висновок, що відповідно до умов кофе-цикорного виробництва може бути рекомендована наступна технологічна схема виробництва концентрату розчинного кофейного напою на основі відходів інулінового

виробництва рис.4.19., передбачаючи один із варіантів екстракції – екстрагування в батареї [274,275].

Відповідно до приведеної схеми одержання розчинного кофейного напою рекомендується використовувати жмих інулінвмісної сировини після відділення соку, обжарений по технології прийнятій при виробництві кофейних напоїв [276].

Для проведення екстракції рекомендується подрібнювати обжарений жмих таким чином, щоб із подрібнювача був одержаний продукт з максимальною кількістю великих часток.

Безпосередньо для екстракції із подрібненого продукту відбирається фракція через дротяне сито № 2,5; схід із сита № 1,6. Рекомендується проводити основний цикл екстракції в п'ять ступенів при виконанні слідуєчи вимог:

Співвідношення рідини та сировини на початкову вагу.....	5 : 1
Кількість рідини, що перекачується із ємності в	
ємність, % від загальної ваги.....	Не > 50
Вміст сухих речовин екстракту, %.....	Не < 20
Висолодження сировини, %.....	Не > 95
Одна ступінь екстракції в одній ємності:	
Час, хв. ....	30
Температура, °С .....	92-95

Екстрагування проводять водою з добавкою фільтрату, або промивних вод після осадження інуліну. Добавляти фільтрат слід до концентрації сухих речовин у рідині для екстрагування не > 5. Зважаючи на те, що концентрація сухих речовин у фільтраті  $\cong$  12, то можна рекомендувати його використання у пропорції 1 частина фільтрату на 3 частини води. Останню, або дві останні

ступені екстрагування слід проводити чистою водою з метою повного висолодження сировини.

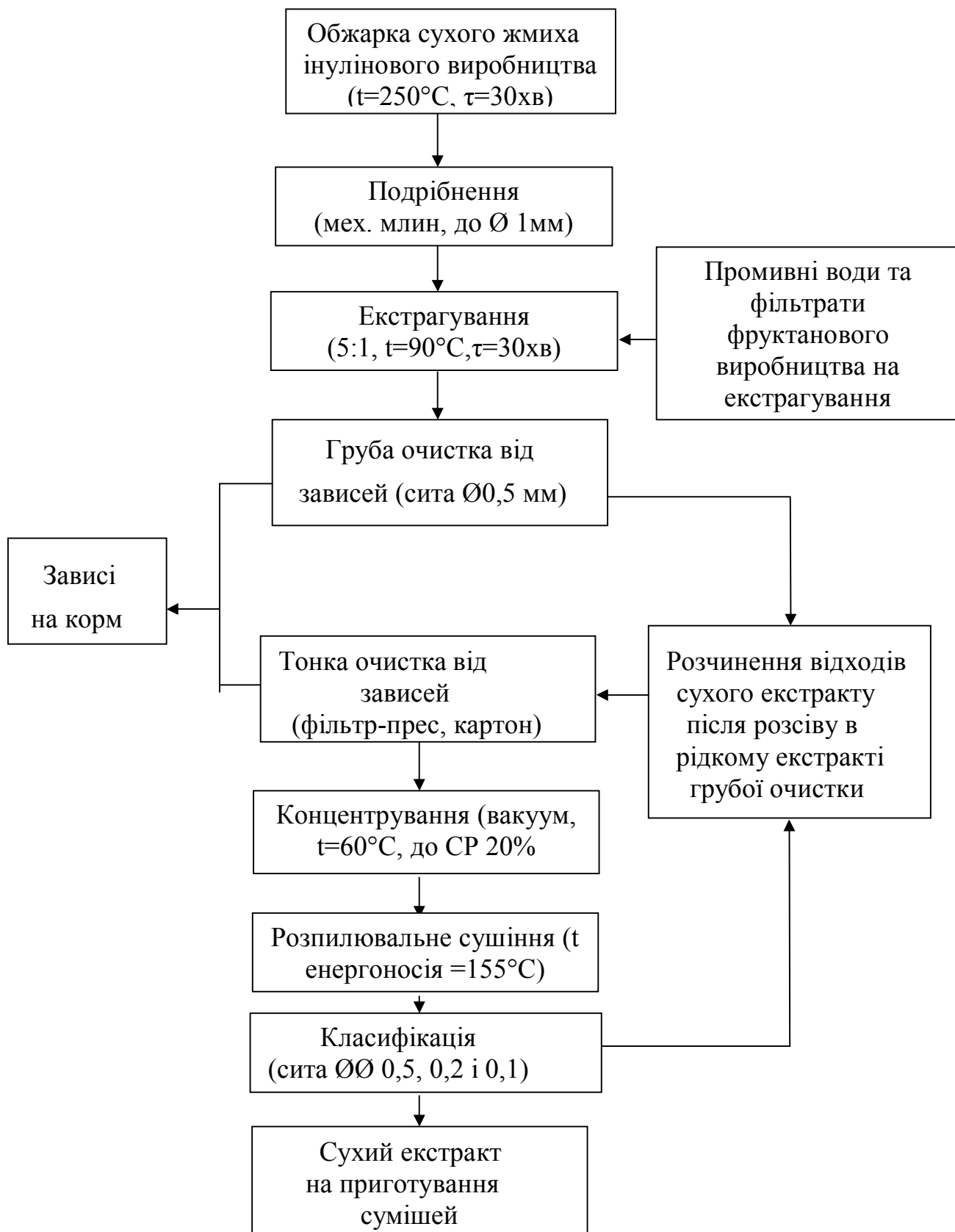


Рис.4.19. Принципова технологічна схема одержання розчинного кавового напою на основі відходів інулінового виробництва.



Висушування екстракту слід проводити на розпилювальних сушарках до вологості 3-5% при максимально м'якому температурному режимі і безперервному відборі висушеного продукту. Температуру повітря на вході в сушильну камеру слід підтримувати рівною 155-160°C, а на виході – 75-80°C.

Одержаний таким чином розчинний кофейний напій за своїми органолептичними показниками та смаковими якостями нічим не поступається розчинному цикорію ТУ У 05528148.001-99, а при використанні в якості сировини для його виробництва жмиха, одержаного при переробці кульбаби та скорцонери, за показниками корисності, з огляду на високу біологічну активність складових сировини, перевищує останній.

#### **4.4. Розробка способу одержання фруктозного сиропу**

Фільтрат після осадження високомолекулярного інуліну та промивні води після відмивання і перекристалізації інуліну, можливо використати в якості сировини для виробництва фруктозних сиропів.

Вуглеводний склад табл.4.9. та загальний вміст вуглеводів фільтрату такий, що після нетривалого м'якого гідролізу та очистки за допомогою катіонітних смол, можна одержати фруктозний розчин, згустивши який, отримаємо фруктозний сироп.

На основі досліджень проведених раніше [230], були визначені основні закономірності процесу гідролізу інуліну.

Дослідження процесу гідролізу слабо концентрованих розчинів НМІ показують, що цю технологічну операцію можна проводити при невисоких температурних режимах рис.4.20. та при концентрації НМІ у розчині 5-10% із достатньою 9-10 г/л хв швидкістю.

Процес обезбарвлення розчинів інуліну, був досліджений у даній роботі у розділі 3, п.3.3. Можна додати, що процеси деструкції молекул інуліну при очистці катіонітною смолою в даному випадку, лише полегшують процес подальшого гідролізу розчину НМІ.

Нами були проведені дослідження гідролізу інуліну в умовах гетерогенного каталізу.

Інулін – нерозчинний в холодній воді полісахарид, молекула якого складається з фруктофуранозних залишків, зв'язаних між собою глюкозидним зв'язком. Наявність такого зв'язку зумовлює порівняно незначну стійкість інуліну до водних розчинів кислот, а також до води при високих температурах.

Гідроліз інуліну, каталізатором якого є іони  $H^+$ , може проходити в гомогенних та гетерогенних умовах.

Каталізатором розкладання інуліну в гетерогенних умовах є сульфостиролові катіони в  $H^+$  – формі, які з успіхом застосовуються для гідролізу сахарози, крохмалю та мальтози.

Метою нашої роботи було дослідити процес гідролізу інуліну залежно від температури, масової частки сухих речовин та об'ємного навантаження, коли його розчин проходить через колонку, заповнену катіонітом КУ-2-4 в  $H^+$  - формі.

Під час проведення експериментів користувались термостатованою скляною колонкою з внутрішнім діаметром 18 мм, заповненою катіонітом КУ-2-4 в  $H^+$  - формі. Висота шару сульфостиролової смоли становила 10 см.

Для дослідів брали розчини інуліну з масовою часткою сухих речовин 5...15%, температуру зніювали в межах 70...90° С, об'ємне навантаження збільшували від 2 до 10 м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>·год).

Проби відбирали по 25 см<sup>3</sup>. В пробах визначили: масову частку сухих речовин, рН та доброякісність гідролізату за фруктозою

$$Дб_{\phi} = \frac{K + g}{G + f} \cdot 100, \quad (9)$$

$$Де \quad K = \frac{P}{(CР\gamma)}; \quad (10)$$

П - поляризація гідролізату;

$\gamma$  - питома вага розчину, що поляризується;

СР - масова частка сухих речовин розчину, що поляризується;

$q$  - фактор обертання глюкози при різних концентраціях загального цукру;

$f$  - фактор обертання фруктози при різних концентраціях загального цукру.

Оскільки молекула інуліну складається з фруктофуранозних залишків і незначної кількості глюкозидних залишків, то продуктом його гідролізу переважно буде фруктоза. Тому про хід гідролізу інуліну в гетерогенних умовах судили за вмістом фруктози в гідролізатах.

Дослідженнями встановлено (рис.4.21.), що з підвищенням температури проведення процесу швидкість гідролізу інуліну зростає. Так, при зміні температури від 70 до 80 °С вміст фруктози в кінцевому продукті зростає в 1,1 раза, а в інтервалі температур 70...90°С - в 1,3 раза. Характер цієї залежності можна пояснити тим, що з підвищенням температури зростає кількість активованих молекул у розчині, енергія активації зменшується і відповідно зростає швидкість гідролізу інуліну.

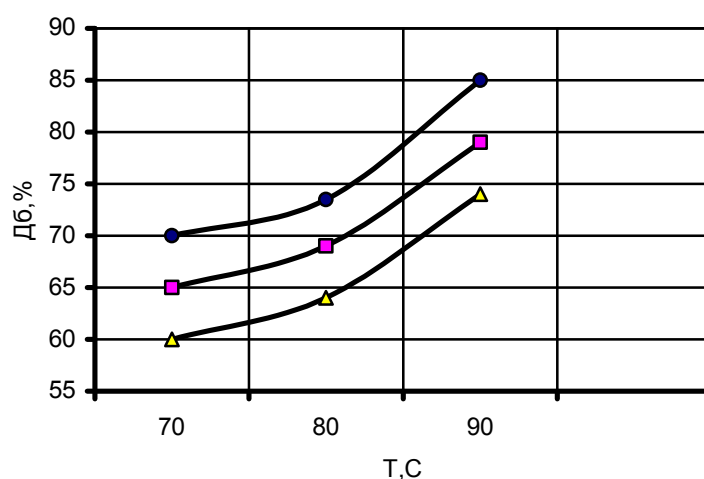


Рис.4.21. Вплив температури на доброякісність гідролізатів, отриманих з 10%-го розчину інуліну при об'ємному навантаженні,  $\text{м}^3 / (\text{м}^3 \cdot \text{год})$ : 1-2; 2-5; 3-10.

Емпірична формула, яка описує залежність вмісту фруктози в гідролізаті від температури, має вигляд:

$$\text{Дбф} = at^b + c, \quad (11)$$

Де,  $a$ ,  $b$  і  $c$  - коефіцієнти ;

$t$  - температура, °C.

Із зростанням масової частки сухих речовин від 5 до 15% в розчині інуліну, що надходить на гідроліз, зменшується вміст фруктози в кінцевому продукті (рис.5.3.3.), тобто зменшується швидкість гідролізу інуліну.

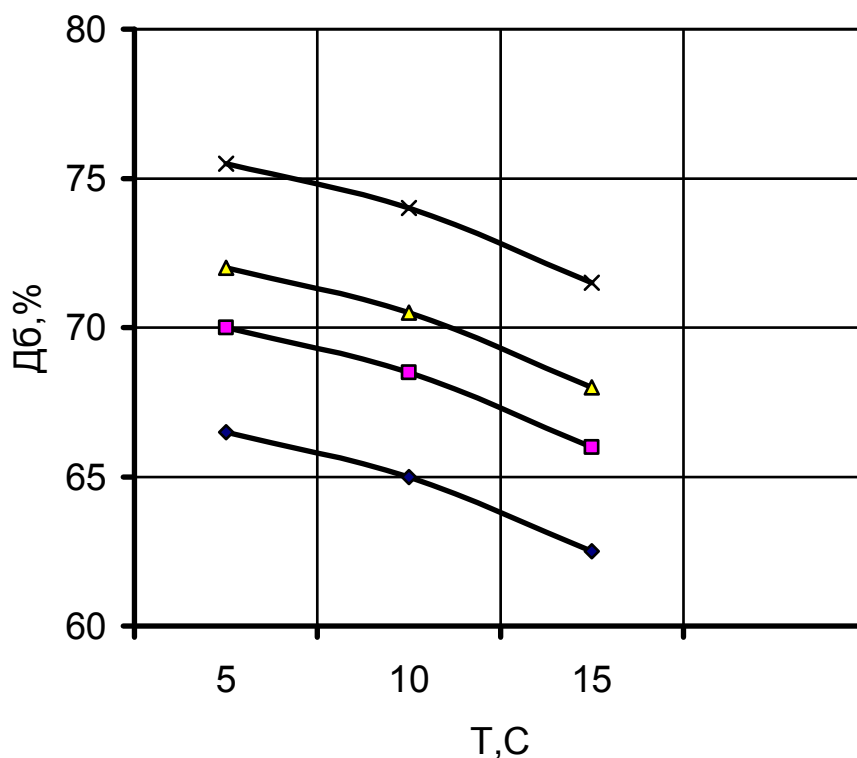


Рис.4.22. Залежність доброякісності гідролізату від масової частки сухих речовин розчину інуліну при температурі 80°C та об'ємному навантаженні,  $\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ : 1-2; 2-4; 3-5; 4-10.

Це, очевидно, можна пояснити збільшенням в'язкості інулінових розчинів із збільшенням їхньої концентрації. Враховуючи те, що гідроліз сполук на пористому гетерогенному каталізаторі складається з деяких стадій, то кінетика процесу в цілому визначається самою повільною. Такою стадією є дифузія полімеру в пори зерна іоніту, на що і впливає в'язкість. Так, коли розчини інуліну проходять через колонку з об'ємним навантаженням  $10 \text{ м}^3 / (\text{м}^3 \cdot \text{год})$  при

температурі 80°C, вміст фруктози в гідролізатах буде становити: для 5%-го розчину 66,5, а для 15%-го - 63,0%.

З рис.4.22 також випливає, що певного вмісту фруктози в гідролізатах можна досягнути при зменшенні масової частки сухих речовин розчину інуліну з одночасним збільшенням об'ємного навантаження чи навпаки. Так, для досягнення в гідролізаті 71%-го вмісту фруктози при температурі 80°C 5%-й розчин інуліну пропускають з об'ємним навантаженням  $5 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$  або 15%-й розчин - з об'ємним навантаженням  $2 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ .

Важливим фактором під час проведення гідролізу в умовах гетерогенного каталізу є тривалість процесу. В умовах гетерогенного каталізу таким фактором є об'ємне навантаження, яке, у свою чергу, є функцією часу.

Цікаво було дослідити залежність вмісту фруктози в кінцевому продукті від об'ємного навантаження.

З наведених на рис.4.22. залежностей видно, що збільшення об'ємного навантаження приводить до зменшення вмісту фруктози в гідролізаті, тобто до зменшення швидкості гідролізу інуліну. Так, із зростанням об'ємного навантаження у 2 рази (від 2 до  $4 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ ) вміст фруктози в кінцевому продукті зменшується в 1,05 рази, а при збільшенні об'ємного навантаження в 5 разів (з 2 до  $10 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ ) - у 1,12 рази. Це пояснюється тим, що із збільшенням об'ємного навантаження зменшується тривалість контакту інуліну з катіонітом, а отже, зменшується швидкість його гідролізу.

Аналіз показаних на рис.4.21 та рис.4.22 даних свідчить також про те, що в разі проходження 10%-го розчину інуліну через колонку, заповнену катіонітом КУ-2-4 в  $\text{H}^+$  - формі, з об'ємним навантаженням  $2 \dots 10 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$  та температурою  $70 \dots 90^\circ\text{C}$  можна отримати високофруктозні розчини з вмістом фруктози 60...80% до маси сухих речовин.

Таким чином технологічна схема одержання фруктозного сиропу на основі фільтрату та промивних вод інулінового виробництва може набути слідуючого вигляду [277] рис.4.23:

Процес одержання фруктозного сиропу може здійснюватись за допомогою послідовності слідуючих технологічних операцій:

Фільтрат із СР 10-15 змішують із промивними водами СР 2-5, та при необхідності розбавляють водою до СР 9-10. Після фільтрації, мета якої кінцеве відділення сторонніх включень та зависей, проводять очистку катіонітом КУ-2. Для досягнення кращого ефекту обезбарвлення, перед очисткою КУ-2, можливе застосування активованого вугілля.

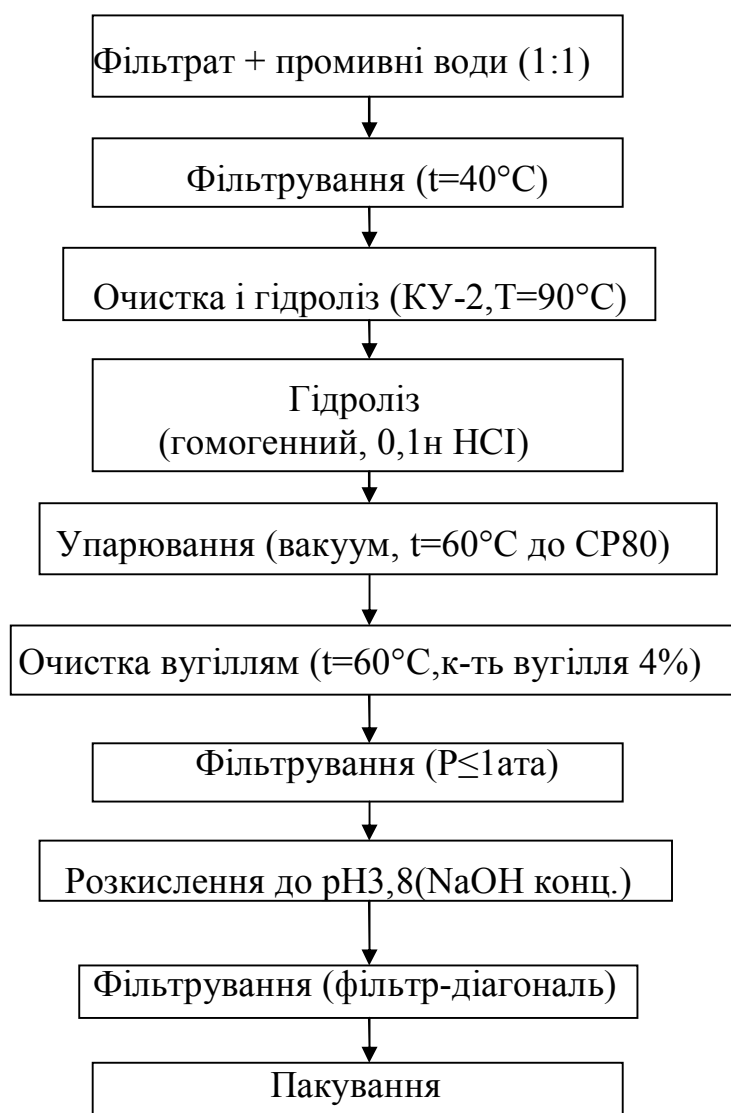


Рис.4.23. Принципова технологічна схема одержання фруктозного сиропу на основі відходів інулінового виробництва.

Досягши ефекту обезбарвлення 85-90%, проводять гідроліз розчином соляної кислоти при рН 1-3, протягом 30-40 хвилин та при температурі 40-50°C.

Проведення гідролізу при таких режимах цілком достатнє для повного розщеплення НМІ до фруктози та дає змогу запобігти інтенсивного процесу барвоутворення за рахунок температурних перетворень фруктози. Упарювання розчину фруктози слід проводити при низьких температурах під розрідженням за невеликий проміжок часу. Найкращих результатів, як свідчить світова практика виробництва, при згущенні фруктозних сиропів можна досягти за умови застосування плівкових вакуум-випарних апаратів.

Для запобігання барвоутворення при зберіганні готового продукту, одержаний сироп додатково слід обезбарвити активним вугіллям, та за допомогою лугу довести рН до 3,8 – точки максимальної стабільності фруктозних розчинів.

#### **4.5. Розробка способу одержання експресного меду**

Останнім часом вченими та медиками приділяється дуже велика увага пошукам натуральних цукрозамінників для хворих на цукровий діабет. Знайти цукрозамінник, який крім солодості, мав би лікувальні властивості, було б ідеальним вирішенням проблеми.

На найбільшу увагу в цьому випадку заслуговує мед, який має різноманітні лікувальні властивості. Вони обумовлені його складним складом і унікальними властивостями. Мед складається майже із рівних частин глюкози і фруктози і поступає в кров без обробки (він практично не потребує травлення, так як уже перероблений системою травлення бджоли). Завдяки цьому мед вважається найціннішим джерелом харчування. Відомо, що спортсмени та атлети вживають мед перед змаганнями або в перервах між ними, щоб швидко відновити витрачену м'язову енергію. З цією ж метою лікарі рекомендують мед, особливо з вітамінами С і групи В, людям похилого віку і дітям, що потребують швидкого відновлення сил. Крім фруктози і глюкози мед містить ряд речовин, вельми цінних, важливих і необхідних для нормальної життєдіяльності клітин тканин і органів людини. Інвертований цукор

(глюкоза, фруктоза) складає 65-80г%, цукроза, мальтоза і інші дисахариди - 1-5г%, декстрини - 2-10г%, в ньому є білки до 0,3г%, азотисті речовини - 0,1-2,3г%, органічні кислоти 0,1 - 1г%, вітаміни (В1, В2, В6, С, Р, Е і інш.) - 0,5 - 6,5мг%, ферменти (інвертаза, діастаза, ліпаза, пероксидаза, каталаза), фітонциди, біостимулятори, макро- і мікроелементи в такій значній кількості, як ні в яких інших продуктах [278].

За вмістом ферментів мед займає одне з перших місць серед продуктів харчування. Діастаза активно оцукрює крохмаль та декстрин, інвертаза перетворює цукрозу в глюкозу та фруктозу, каталаза розкладає перекиси.

До складу меду входить алюміній, барій, берилій, ванадій, вісмут, галлій, германій, залізо, золото, калій, кальцій, кобальт, кремній, літій, магній, мідь, марганець, молібден, натрій, нікель, радій, свинець, сrebro, стронцій, хром, цинк, фосфор, сірка, цирконій.

Встановлено, що мінеральний склад різних сортів меду залежить від ґрунту, на якому ростуть медоноси, з квітів яких бджоли добувають нектар.

Відомо багато десятків сортів бджолиного меду, що різняться за рядом ознак. Серез цих ознак основні - флористична, регіональна і технологічна.

За флористичною ознакою, тобто в залежності від джерела, з якого бджоли взяли нектар, мед може бути квітковим і падевим. Серед квіткових медів розрізняють монофлерний, виготовлений із нектару переважно одного вида рослин, і поліфлерний - із нектару різних медоносів. Зрозуміло, що абсолютно монофлерні сорти меду зустрічаються дуже рідко.

За регіональною ознакою розрізняють меди, зібрані в різних регіонах, наприклад далекосхідний липовий, кримський липовий і т.д.

За технологічною ознакою розрізняють сотовий і центробіжний (спускний) мед. Сотовий мед залитий бджолами в шестигранні ячейки, запечатані восковими кришечками. Цей мед поступає до споживача не лише в натуральній тарі, але й в ідеально чистому вигляді і абсолютно зрілому стані. Бактеріологічні дослідження показали, що сотовий мед стерильний.



Центробіжний мед отримують при відкачуванні його із сотів на медогонці і відпускається споживачу в розфасованому вигляді.

За кольором розрізняють світлий, середній і темний мед.

Мед - висококалорійний продукт: 1 кг меду дає 3150 калорій.

Таким чином, мед - це не лише приємний, смачний натуральний продукт, але й цілий арсенал могутніх лікувально-профілактичних засобів.

Мед підвищує стійкість організму до різних несприятливих факторів, в тому числі збудників інфекційних хвороб, стимулює імунітет, кровотворення (при його зниженні). Мед має ярко виражену протимікробну дію, завдяки фітонцидам, згубно діє на збудників ангіни, гнійних процесів, дифтерії, дизентерії, запалення легень і інш. Мед має і десенсибілізуючі (протиалергійні) властивості.

У 50-х роках минулого століття Н.П.Іойриш у своїй книзі «Лікувальні властивості меду і бджолої отрути» описав експресний метод одержання меду. Його суть полягає в тому, що бджолам згодовували штучно приготовлені розчини цукру з добавками вітамінів, лікарських речовин, а також до складу розчинів входили різні продукти харчування (молоко, яйця, соки фруктів, овочів і т. д.). Як описує автор, одержані таким чином сорти меду, вигідно відрізнялись від меду натурального підвищеним вмістом тих речовин, які штучно вводили в раціон бджіл.

Виходячи із вищесказаного, нами було запропоновано такий метод приготування експресного меду на основі відходів інулінового виробництва, який не містить глюкози і тому може вважатися цукрозамінником для діабетиків [279]. Практично метод здійснюється наступним чином:

Фільтрат інулінового виробництва гідролізують (методи гідролізу див. п.7.2.), змішують із промивними водами і екстрактом, одержаним після екстрагування жмиха та упарюють до вмісту  $CP=50-55$ . Одержаний таким способом сироп, не потребує очистки, так як у даному випадку забарвленість сиропу дає насичений колір меду, що покращує його товарний вигляд. Далі сироп згодовують бджолам наступним способом: в емальованому посуді

змішували 2 частини нашого сиропу і 1 частину цукрового розчину приготованого в пропорції 2 кг цукру на 1 л промивних вод інулінового виробництва. Одержану суміш розливали в годівниці трьох бджолиних сімей. У випадку якщо бджоли встигали переробити весь штучний нектар до настання сутінок, його нестачу поповнювали.

Одержаний мед містить на 15-20% більше фруктози, на 5-7% менше глюкози ніж натуральний та за рахунок промивних вод інулінового виробництва 10-12% НМ інуліну. Такий вуглеводний склад нового виду експресного меду дозволяє рекомендувати його в якості цукрозамінника для хворих на цукровий діабет.

Впровадження запропонованого способу переробки відходів інулінового виробництва, дозволить повністю переробляти вуглеводний комплекс інулінвмісної сировини з одержанням цінних продуктів функціонального харчування.

## **Висновки**

1. Встановлено, що виділення інуліну із СП>35 є можливим за умов застосування розробленої комбінованої схеми одержання «пресування-екстракція».

2. Розроблені технології дозволяють отримувати високомолекулярний інулін із будь-якої рослини-інуліноноса із максимальним збереженням молекулярної маси інуліну та з мінімальними втратами готового продукту у виробництві.

3. Одержаний за розробленими технологіями високомолекулярний інулін містить більше високомолекулярних фракцій та має вищий середній ступінь полімеризації, що вигідно відрізняє його від європейських зразків.

4. Встановлено, що скорцонера та лопух в повній мірі можуть вважатися на ряду із цикорієм і топінамбуром технічними культурами для одержання інулінів з високими ступенем полімеризації та біологічною активністю.

5. Кульбаба та оман (дев'ясил) можуть мати застосування в якості сировини для одержання інулінів спеціальної дії (підвищений вміст гумуючих та клейких речовин у кульбаби, середній СП=40 та максимальний СП=65-75 у омани).

6. Розроблена технологічна схема виробництва розчинних кавових напоїв на основі відходів інулінового виробництва, дозволить одержувати цінний продукт оздоровчого харчування з високим вмістом корисних фруктанів та мікроелементів.

7. Дослідження показали, що можна не тільки провести гідроліз інуліну в гетерогенних умовах з використанням катіоніту КУ-2-4, а й отримати високофруктозні розчини доброякісністю за фруктозою від 60 до 80% до масової частки сухих речовин.

8. Розроблена технологічна схема виробництва фруктозного сиропу на основі фільтрату та промивних вод, дозволить паралельно із одержанням ВМІ, одержувати додатково високофруктозний сироп без глюкози у кількості 5-7% до маси сировини.

9. Запропонований спосіб одержання експресного меду на основі відходів виробництва високомолекулярного інуліну, дає можливість одержати продукт, якісний склад якого повністю задовольняє вимоги до цукрозамінників.

10. Розроблені технології дають можливість повністю утилізувати відходи виробництва високомолекулярного інуліну.

## РОЗДІЛ 5

### РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК ТА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ОСНОВІ ВМФ.

Докорінні зміни в структурі харчування людини не дозволяють сьогодні навіть теоретично забезпечити традиційними шляхами організм усіма необхідними речовинами. Це призвело до негативних наслідків у здоров'ї населення:

- поширення серед дорослих різних форм ожиріння (надлишкова маса тіла й ожиріння виявляється в 55 % людей старших за 30 років) і, як наслідок, зростання захворювань, в основі яких порушення вуглеводного і ліпідного обмінів, - атеросклероз, ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба, цукровий діабет;

- порушення імунного статусу, зокрема з різними видами імунодефіцитів, зі зниженою резистентністю до інфекцій й інших несприятливих факторів навколишнього середовища;

- збільшення захворювань, пов'язаних з аліментарними дефіцитами мінералів і мікроелементів: залізодефіцитна анемія у дорослих і дітей, захворювання щитоподібної залози, які пов'язані з дефіцитом йоду, захворювання опорно-рухового апарата - з дефіцитом кальцію і магнію та ін.

Вирішувати ці проблеми і є завданням дієтичних добавок (ДД), ринок яких неухильно росте.

Останнім часом все більше уваги приділяється фруктанам, зокрема високомолекулярному інуліну. Зокрема наші дослідження, які свідчать про здатність високомолекулярного інуліну покращувати вуглеводний обмін, а саме знижувати рівень цукру у діабетиків, а також покращувати ліпідний обмін, а саме знижувати коефіцієнт атерогенності. Також, K. Kalyani Nair, Suman Kharb і D. K. Thompson доводять, що інулін функціонує як пребіотик, сприяючи гарному травленню, впливає на обмін ліпідів та зменшує ризик остеопорозу шляхом збільшення абсорбції кальцію. Інулін також виявляє певний вплив на

інсулінемію та глікемію, а також знижує ризик виникнення раку товстої кишки, раку молочної залози та інгібує зростання пухлин.

## **5.1. Дослідження біологічних властивостей фруктанів, як інгредієнтів дієтичних добавок**

### **5.1.1. Фруктани – розчинні дієтичні волокна.**

Довгий час дієтичні волокна (ДВ) вважались непотрібним баластом, від якого намагалися звільнити продукти для підвищення їх харчової цінності. Так виник цілий ряд продуктів повністю звільнених від дієтичних волокон : цукор, кондитерські вироби, мука тонкого помелу, освітлені фруктові та овочеві соки.

Таким чином, так звана “західна” дієта призвела до значного зниження кількості дієтичних волокон в їжі. Встановлено, що дефіцит харчових волокон в їжі є фактором ризику таких захворювань, як рак товстої кишки, синдром подразненої товстої кишки, гіпомоторна дискінезія товстої кишки з синдромом запорів, диверкульоз, апендицит, грижа харчового отвору діафрагми, жовчнокам’яна хвороба, цукровий діабет, ожиріння, атеросклероз, ішемічна хвороба серця, гіперліпопротеїдемії, варикозне розширення і тромбоз нижніх кінцівок.

Медико-біологічна цінність дієтичних волокон в дуже значній мірі обумовлена особливостями їх фізико-хімічних властивостей [280]. Надзвичайну ролі відіграють дієтичні волокна у функціонуванні товстої кишки. Однією із основним властивостей ДВ (дієтичних волокон) є їх здатність утримувати воду. Найбільшу гігроскопічність мають водорозчинні ДВ, нерозчинні ж ДВ мають лише властивість поверхневого утримання води. Здатність ДВ утримувати воду забезпечує прискорення кишкового транзиту і перистальтики товстої кишки, збільшення маси випорожнень, змінює внутрішньокишковий тиск, змінює концентрацію фекальних електролітів.

Кишкова флора і ПВ, взаємодіючи, змінюють вміст кишкового - трансформують глікохолати в дезоксихолати, що при певних патологічно кількісних співвідношеннях може викликати токсемічний ефект. При цьому

збільшення об'єму ДВ знижує ступінь такої токсемії або адсорбцією токсинів на ДВ, або шляхом розчинення токсинів за рахунок збільшення маси вмісту товстої кишки, що скорочує час кишкового транзиту, тобто зменшує загрозу контактування слизової оболонки товстої кишки з токсинами. Поряд із цим додавання ДВ до їжі посилює внутрішньокішковий синтез вітамінів В1, В2, В6, РР і фолієвої кислоти кишковими бактеріями. Вони мають досить позитивну дію і на мікрофлору кишки - зростає дія корисних лактобацил і стрептококів і подавляються ріст колі-форм, що особливо важливо для людей похилого віку, оскільки з роками мікрофлора кишечника набуває все більш гнилісного характеру.

### **5.1.2. Дослідження адсорбуючого ефекту фруктанів та їх вплив на обмін ліпідів.**

Наскільки важливим є таке дослідження може пояснити той факт, що порушення ліпідного обміну призводить до таких важких захворювань як ожиріння, ішемічна хвороба серця, інфаркт міокарду і т.д.

В літературі є багато даних про здатність інуліну певним чином впливати на ліпідний обмін, але вони в основному стосуються низькомолекулярних фруктанів.

Тому задачею було встановити вплив високомолекулярного інуліну на ліпідний обмін людини [281].

Жири, які виконують у організмі людини дуже важливі функції, при незбалансованому нераціональному харчуванні можуть стати небезпечними для здоров'я.

Процеси в організмі тонко збалансовані, хоча і можуть відхилитися у допущених природою рамках; подібні відхилення, будучи запрограмованими, як правило зрівноважуються, тому що компенсаторні можливості організму досить великі (однак не безмежні). Нерідко трапляється, що зміни в протіканні одних реакцій викликають порушення інших і трапляється збій добре

відлагодженого механізму. Подібні порушення виникають і в результаті відхилень у обміні жирів.

Ліпідний обмін складається із трьох складових: розщеплення жиру у шлунково-кишковому тракті; використання організмом енергії, що виділилася в результаті окислення жирів, і перетворення компонентів харчових жирів, що всмокталися у власний жир (ресинтез); виділення із організму непотрібних (і тому шкідливих для нього) продуктів обміну жиру. Один із проміжних етапів обміну ліпідів - перебування їх у кровоносному руслі у вигляді мікроскопічних кульок або краплинок (хіломікронів). З білками крові жири утворюють комплекси - ліпопротеїди, які відрізняються по густині, електричному заряду і підрозділяються на класи.

Час нахождения хіломікронів у крові обмежений, що обумовлено різними факторами. Якщо пропустити крізь кров промінь світла, то в залежності від її жирності, кров буде мати різну прозорість. Через чотири години після їжі кров світліє і затримує лише 10 % світла. Це пояснюється тим, що через певний час після вживання їжі хіломікрони покидають кров і це на благо, бо в насиченій ними крові склеюються еритроцити, які звичайно легко і вільно рухаються вздовж стінок судин і відносно один одного. Хіломікрони, що затрималися у крові, небезпечні, так як порушується живлення тканин і органів, що знижує їх стійкість до шкідливих факторів.

Порівняльні дослідження крові хворих і здорових людей свідчать про те, що фактор просвітлення активніший у здорових людей і менш активний - у хворих атеросклерозом.

Атеросклероз характеризується комплексом змін у стінках судин, в них утворюються бляшки, що складаються із ліпідів, білків, вуглеводів, солей кальцію. Артерії втрачають еластичність, здатність розтягуватися, стають крихкими і ламкими. Кількість крові, що тече по таким артеріям, зменшується, кровообіг органів і тканин погіршується. Збільшується ймовірність утворення тромбів. Усе це, у сукупності із іншими механізмами призводить до виникнення серцево-судинних і інших захворювань.

Серед жирів і жироподібних речовин плазми крові, що приймають участь у розвитку атеросклерозу, найбільший інтерес викликають холестерин, тригліцериди і фосфоліпіди.

У хімічному відношенні холестерин - це жировий спирт, тобто сполука, що поєднує у собі властивості жирів та спиртів. Природна схожість із воском дозволяє йому виконувати функцію клітинного скелету в організмі людини та тварини завдяки тому, що він входить до складу клітинної мембрани. Кожна клітина містить холестерин і він їй потрібен для підтримання своєї форми. Крім того, входячи до складу мембран клітин, холестерин разом із іншими жироподібними сполуками (фосфоліпідами) та білками забезпечує вибірккову проникність мембрани для речовин, що входять та виходять із неї.

Гіперхолестеринемія - це підвищений вміст холестерину у крові. У людей з високим вмістом холестерину в крові накопичуються його головні переносники - бета-ліпопротеїди. Але яка б не була природа гіперхолестеринемії, вона вкрай небажана для організму. Статистика показує, що у різних групах населення між рівнем холестерину та частотою ішемічної хвороби серця існує пряма залежність.

Гіпертригліцеридемія - підвищений рівень тригліцеридів у крові. Клінічні спостереження підтверджують, що високий рівень тригліцеридів в крові часто супроводжується розвитком атеросклерозу переважно у людей із віком, що перевищує 45 років. Причиною гіпертригліцеридемії є порушення обміну тригліцеридів у організмі, яке може провокуватися або усугублятися неправильним нераціональним харчуванням та іншими причинами.

Альфа-ліпопротеїди - найменші ліпопротеїдні частки, що містять багато білку ( до 55 %) та фосфоліпідів (до 30%) та небагато холестерину (близько 10 %) та тригліцеридів (5 %). Ці частки не тільки не мають атерогенної дії, але і затримують розвиток атеросклерозу. Антиатерогенну дію альфа-ліпопротеїдів пов'язують із здатністю цих часток «захоплювати» холестерин із периферійних тканин, в тому числі із артеріальної стінки, та транспортувати його в печінку. У печінці він використовується для утворення жовчних кислот. Варто відзначити,



що менша частота інфаркту міокарда у жінок частково пов'язана з тим, що рівень альфа-протеїдного холестерину в крові у них вищий, ніж у чоловіків. Гіпоальфа-ліпопротеїдемія - низький вміст альфа-ліпопротеїдів в крові.

Відомо, що в деяких хворих атеросклерозом та ішемічною хворобою серця (ІХС) вміст альфа-ліпопротеїдів в крові досить низький і тому, зниження їх рівня можна вважати одним із факторів ризику атеросклерозу. Однак, сумніви повинні викликати і приграничні значення цього показника, особливо при високому рівні загального холестерину. Тому важливо розрахувати холестериновий коефіцієнт атерогенності (КА) - відношення холестерину (ХС) атерогенних ліпопротеїдів до холестерину антиатерогенних ліпопротеїдів:

$$КА = \frac{\text{Загальний ХС} - \text{альфа-ліпопротеїдний ХС}}{\text{Альфа-ліпопротеїдний ХС}} \quad [12]$$

Чим вищий цей коефіцієнт, тим більша вірогідність розвитку атеросклерозу і пов'язаних із ним ускладнень. При важких формах атеросклерозу, ускладнених ІХС, вказаний коефіцієнт може досягати 6 та більше. Низьке ж значення цієї величини (менше 3) характерне для осіб, стійких до ІХС і, що не менш цікаво, для довгожителів.

Декілька досліджень японських учених свідчать, що вживання фруктанів у пацієнтів приводить до модифікації концентрації ліпідів крові; навіть якщо приймати до уваги спірні дослідження можна зробити висновок: вживання фруктанів часто призводить до зниження концентрації холестерину і/або тригліцеридів. При використанні олігофруктанів і інуліну як речовин-моделей, аналізували вплив харчування пацієнтів фруктанів на ліпідемію в протоколах різних базальних дієт, доз фруктанів та термінів лікування. В усіх цих протоколах постійним ефектом було зниження концентрації тригліцеридів.

Падіння рівня ліпідів було майже повністю завдяки змінам в ЛПНГ (ліпопротеїди низької густини) фракції. Можна вважати, що такі зміни в параметрах ліпідів є результатом метаболічної адаптації печінки, що може бути індуковано КЛК. Дійсно, гепатоцити, виділені із пацієнтів, що мали

олігофруктанову дієту, мають знижену здатність синтезувати тригліцериди із жирних кислот і, в той же час, підвищену здатність розкласти жирні кислоти до кетонів.

Приймаючи до уваги біологічні властивості високомолекулярного інуліну, цілком доцільно його комбінувати з рослинами, які здатні в тій чи іншій мірі доповнити його властивості.

## **5.2. Моделювання та виготовлення дієтичних добавок на основі ВМФ.**

На прикладі розробки дієтичної добавки ВМФ з момордика харантія (*Momordica charantia*) [282,283], гірка диня, яка дуже популярна як лікарська рослина серед народів Сходу, особливо при лікуванні цукрового діабету, онкологічних захворювань, кишково-шлункових хвороб і т.д., показано основні принципи моделювання та виготовлення дієтичних добавок, які поєднують високомолекулярний інулін і рослинний компонент.

*1. Встановлення походження рослинного інгредієнта та його використання в якості профілактичного чи лікувального засобу.*

Ареал походження момордика харантія (*Momordica charantia*) досить широкий і включає країни Азії, Південної Америки та Східної Африки, але поступово завойовують все більші території і благополучно виростають і в нашій місцевості. Народи цих країн протягом тривалого часу використовували момордику і як продовольство і як ліки. Харчове використання момордики: тонік, при приготуванні різноманітних страв, як чаю. Що стосується лікувального застосування, то хоча спектр її використання у різних народів дуже широкий, наукова медицина досліджує головним чином її застосування при лікуванні цукрового діабету, серцево-судинних, онкологічних та вірусних захворювань, також вказують на антибактеріальну, протівірусну, антиканцерогенну та антидіабетичну активності момордики.

2. *Визначення частини рослини, яка містить найбільше активних компонентів і будуть технологічними в переробці.*

Важливо зауважити, що в момордиці використовуються практично всі частини рослини: листя, стебла, плоди, насіння. Біологічно активні компоненти, які входять до її складу: глікозиди, сапоніни, алкалоїди, смоли, феноли, рослинні жири, вільні кислоти, амінокислоти, мікро- і макроелементи: кальцій, магній, фосфор, натрій, залізо та ін. Антидіабетичний потенціалом володіють такі компоненти момордики як віцин, харантін, трітерпеноїди, деякі антиоксиданти і речовини білкової природи, зокрема пептиди, що за своєю природою близькі до інсуліну.

У різних дослідженнях, що є в літературі, наводяться дані щодо вмісту біологічно активних речовин в листі і в плодах момордики. Так як дані досліджень містять відомості про різні сорти рослини, вирощені в різних регіонах, в різний час то вони не піддаються порівнянню. У нашому дослідженні ми вважаємо за доцільне порівняти вміст вільних амінокислот в плодах і листках, зібраних з однієї рослини і в один і той же час і розробити технологію одержання дієтичної добавки, до складу якої входить високомолекулярний інουλін і момордика.

Порівняльний склад вільних амінокислот в складі плодів і листя наведено в табл.5.1.

Табл. 5.1.  
Амінокислотний склад плодів і листя момордики

№	Амінокислота	Концентрація, мкг/мл	
		Листя	Плоди
1	Аспарагінова кис-та	18,47	20,58
2	Треонін	-	19,35
3	Серін	18,42	64,83
4	Глутамінова кис-та	25,98	3,78
5	Пролін	38,06	241,21
6	Гліцин	5,39	2,52
7	Аланін	17,30	3,75
8	Валін	4,43	2,38
9	Метионін	-	2,31
10.	Изолейцин	1,08	12,86

## Продовження табл.5.1.

11.	Лейцин	1,64	8,31
12.	Тирозин	1,77	16,24
13.	Фенілаланін	2,63	40,42
14.	Гістидин	8,98	48,53
15.	Лізін	1,10	27,79
16.	Аргінін	-	309,80

З даних табл.5.1 видно, що в плоди містять набагато більше серину (біологічна дія: приймає участь в утворенні глікогену, зміцнює імунну систему), проліну (допомагає у відновленні хрящових поверхонь суглобів, зміцнює зв'язки і серцевий м'яз), ізoleyцину (знижує вагу за рахунок зменшення апетиту і прискорення метаболізму, запобігає підвищенню рівня інсуліну в крові, стабілізує рівень цукру в крові), лейцину (знижує рівень цукру в крові при діабеті, запобігає появі втоми, забезпечує нормальне розвиток м'язових тканин, захищає клітини і тканини м'язів від постійного розпаду, зміцнює імунну систему), тирозину (стрес-протектор, пригнічує апетит, покращує інтелектуальні функції), фенілаланін (регулює швидкість обміну речовин, є основою синтезу ендорфінів), гістидину (участь в роботі серцево судинної та імунної системи), лізину (запобігає розвитку атеросклерозу, запобігає розвитку остеопорозу) і аргініну (участь в роботі серцево-судинної та імунної системи).

У той же час в листі міститься більше глютамінової кислоти (є стимулятором окислювально-відновних процесів в головному мозку, нормалізує обмін речовин), гліцину (дезінтоксикаційну, імуномодулюючу дію), аланіну (підвищує рівень енергетичного обміну, стимулює імунітет, регулює рівень цукру в крові) і валіну (підвищує м'язову координацію і знижує чутливість організму до болю, холоду та спеки).

Виходячи з аналізу амінокислотного складу листя та плодів момордики очевидно, що плоди цієї рослини найбільш доцільно використовувати в дієтичних добавках і функціональних продуктах для людей з порушеним

обміном речовин, тоді як листя – в продукції для запобігання передчасних вікових змін (продукти для здорового довголіття).

В дієтичних добавках загальнооздоровчого призначення оптимальним буде використовувати листя і плоди цієї рослини. Попередня підготовка плодів до переробки – вилучення насіння.

*3. Визначення основних технологічних параметрів та пропорцій виготовлення дієтичної добавки.*

Технологічний процес виробництва дієтичної добавки «Інулін з момордикою» складається із слідуючих операцій:

- Миття листя момордики в безперервно-діючій мийній машині;
- Подрібнення листя і плодів на безперервно діючій механічній центробіжній терці;
- Протирання через металеві сита (металеві сита, Ø 1-1,5мм);
- Пастеризація (теплообмінник,  $T=80-85^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 5-10$  хв);
- Зважування компонентів згідно рецептури з урахуванням масової частки вологи;
- Змішування одержаної кашки із листя та плодів момордики з заданою кількістю порошкового інуліну в змішувачі до пастоподібного стану;
- Висушування суміші на стрічкових конвейерних сушилках при температурі 40 – 60° С до постійної вологості;
- Подрібнення сухої суміші у млині;
- Класифікація на ситах;

Таким чином вдалося отримати однорідну порошкоподібну структуру дієтичної добавки, з вмістом інуліну не менше 60% і високим вмістом момордики в ній. Запропонована принципова технологічна схема дає можливість повністю зберегти нативну будову ВМ інуліну і біологічно активні складові момордики, так як в даній технології не застосовуються високі температури, хімічні реагенти, консерванти та колоранти. Добавка має солом'яно-зеленкуватий колір і гіркуватий смак, притаманний момордиці.

Технологія одержання дієтичних добавок може змінюватися на підготовчих стадіях, перед змішуванням з ВМФ, так як в якості інгредієнтів-добавок до ВМФ може використовуватись не тільки листя і плоди, але й ягоди, фрукти, овочі, коренеплоди, бульби, екстракти, соки та ін., які потребують різних технологічних підходів при очистці, мийці та подрібненні.

Тому рослинну сировину розділили на групи, в залежності від їх технологічних характеристик:

1. Коренеплоди та бульби;
2. Фрукти та овочі;
3. Листя, квіти та стебла;
4. Ягоди;
5. Екстракти та соки.

Коренеплоди та бульби виділені в окрему групу, тому що це підземні частини рослин і потребують ручної або механічної очистки від залишків ґрунту, відмивання з інтенсивним перемішуванням та спеціального обладнання для перемелювання так як деякі з них мають високу волокнистість та твердість. Після мийки обов'язкове підсушування коренів та бульб для запобігання подальшого розбавлення продуктів і перевитрати ВМФ на стадії змішування. Його проводять за допомогою обдування сировини повітрям в шнеку подачі на подрібнення. Одержані за допомогою механічної пальцевої терки із коренів та бульб кашки, потребують додаткового протирання через металеві сита для відділення залишків неподрібнених волокон і шкірки та доведення до однорідної маси з розміром часток не більше 0,5 мм. Така кашка характеризується низьким вмістом вологи, тому на стадії змішування з ВМФ, для одержання пастоподібної маси, потрібна невелика кількість порошку ВМФ і як наслідок процентний вміст ВМФ в дієтичних добавках з використанням коренів і бульб рослин, після висушування, буде в межах 60-65% до маси добавки при вологості ~ 10%.

Фрукти та овочі, на відміну від першої групи, не потребують доочищення та інтенсивного відмивання. Достатнім є ополіскування в ємностях з

тангенціально підведеною до них водою під тиском. Далі підсушування, мелення і протирання через металеве сито для відділення залишків насіння, шкірки та хвостиків. Далі 5-10 хв пастеризація у теплообміннику при температурі 80-85°C і змішування з ВМФ. Одержані кашки із фруктів та овочів мають велику до 80% вологість тому потребують великої кількості ВМФ для одержання пастоподібної маси і тому вміст ВМФ у висушеному порошку буде ~ 65-75%.

Переробка листя та стебел описано вище (див. одержання дієтичної добавки «Інулін з момординою»). Варто лише відмітити, що за рахунок низького вмісту вологи в зеленій масі, при змішуванні з ВМФ у висушеному порошку дієтичної добавки вміст ВМФ може коливатися в межах ~55-60%.

При переробці ягід попередня підготовка сировини до змішування з ВМФ зводиться до процесу одержання із них соку. Це обумовлене тим, що в ягодах є велика кількість насіння, яке необхідно видалити, а всі корисні речовини (до 90%) знаходяться у розчинному стані. Тому доцільним є видаляти разом із насінням і шкірку ягід, залишки якої можуть порушувати однорідність порошку дієтичних добавок з їх використанням. Після змішування соків із ВМФ та висушування, порошок може містити ~80% ВМФ.

Переробка екстрактів і соків перед змішуванням з ВМФ може передбачати операції пастеризації та фільтрування. Варто відмітити, що найвищий вміст ВМФ є в дієтичних добавках, одержаних з використанням екстрактів і може сягати 85%., так як для одержання пастоподібної маси з ВМФ змішується екстракт з вмістом СР = 5-10%.

Але часто для виготовлення добавки на основі ВМФ потрібне використання не одного, а декількох рослинних інгредієнтів, які б доповнювали дію один одного і забезпечили повноту кількісного складу добавки.

Прикладом такої дієтичної добавки може бути добавка «Зір», згідно ТУ У 15.8 19116716 005. 2003 до складу якої, крім ВМФ, входять декілька рослинних компонентів. Принцип моделювання та виготовлення [284] якої наступні.

У сучасному світі, на жаль, очі уразливі для хвороб. Це в значній мірі пов'язано з утворенням вільних радикалів. Вони буквально бомбардують нас. Сонячна радіація, випромінювання комп'ютерів, ультрафіолетове випромінювання, забруднення і токсини в їжі, озон, тютюновий дим, хлор з водопровідної води служать постійними джерелами вільних радикалів.

Вільний радикал шукає слабе місце в організмі, і часто таким місцем виявляються очі. Вони є в значній мірі провокаторами катаракти і глаукоми. Крім цього існують також вікові зміни в організмі, які позначаються також і на зорі. Одним з перших ознак переходу з зрілого в літній вік є поступово відбувається втрата кришталиком еластичності, що веде до ослаблення здатності очей пристосовуватися до зору на близькій відстані. Одним з властивостей кришталика є його прозорість. Чим людина молодше, тим кришталик прозоріше. Поступово він втрачає цю гідність: у літніх людей кришталик висихає, втрачає багато води, стає щільніше, менш еластичним і менш прозорим.

Щоб запобігти або істотно сповільнити процеси, пов'язані зі зниженням зору, необхідно, в першу чергу, впливати на процеси, які його провокують. Це в першу чергу боротьба з вільними радикалами і склеротичними процесами в організмі.

Найбільш відомими компонентами в боротьбі за зір людини є каротини (бета-каротин, альфа-каротин, лютеїн, зеаксантин і т.д.). Тому «Зір» складається в першу чергу з каротинвмісних рослин: плодів чорниці і горобини, коренеплодів моркви, листя шпинату і кропиви. Головним проти склеротичним компонентом є інулін.

Плоди чорниці сприятливо впливають на очі, сполучну тканину і кровоносні судини:

- покращує здатність бачити як в денний, так і в нічний час;
- допомагає очам звикнути до темряви;
- допомагає попереджати і лікувати катаракти, глаукоми, пігментозний ретиніт і дегенеративна зміна жовтої плями сітківки ока;



- зміцнює капіляри, що полегшує доставку з кров'ю поживних речовин в різні частини ока, включаючи мускулатуру і нерви, що підтримують очне яблуко. Зміцнюючи стінки капілярів, чорниця знижує їх проникність для речовин, які можуть пошкодити навколишні тканини;

- при запаленні очей чорниця захищає колаген від руйнування під дією ензимів, які вивільняються в результаті запального процесу. Чорниця також є прекрасною пасткою радикалів, захищаючи колаген і інші поверхневі структури очі від пошкодження ланцюговими реакціями вільних радикалів.

Шпинат є акумулятором багатьох цінних фізіологічно активних речовин. Він цінний полівітамінний продукт. У ньому є каротин, вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, D, Е, Н, К, Р, РР, С, пантотенова і фолієва кислоти. Плоди горобини містять велику кількість каротину, вітамінів С, В<sub>2</sub>, Е, Р-вітамінних сполук. Плоди горобини знижують рівень холестерину в крові, підвищують резистентність кровоносних судин, зменшують вміст жирів у печінці, нормалізують обмін речовин і надають згубний вплив на мікроорганізми.

У коренеплодах моркви містяться каротин, вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, D, Е, С, Н, К, Р, РР, пантотенова і фолієва кислоти, стероли, фітонциди, мінеральні солі кобальту, калію, заліза, міді, фосфору, кальцію, бору, магнію, кремнію, і ін.

Морква регулює обмінні процеси і підвищує захисні функції організму. Вона активізує внутрішньоклітинні окислювально-відновні процеси, регулює вуглеводний обмін. Каротин моркви забезпечує нормальну функцію органів зору.

Кропива містить каротину навіть більше ніж морква. І взагалі серед рослинного світу важко знайти рослину, яка за своєю біологічною активністю могла б так впливати на людський організм, як кропива. Кропива має тонізуючу дію, знімає розумову і фізичну втоми, нормалізує основний обмін речовин.

ВМФ в складі добавки «Зір» виконує функцію анти атеросклеротичного засобу і гепатопротектора, так як відомо, що засвоєння каротину істотно

знижується при захворюваннях печінки. Крім цього, інулін покращує засвоєння цинку, який підвищує гостроту зору.

Таким чином кількісний склад може бути наступним: плоди чорниці, коренеплід моркви посівної, листя кропиви дводомної, листя шпинату городнього, плоди горобини звичайної беруться у рівних пропорціях, кількість ВМФ не регламентується, вноситься у кількості, необхідній для одержання пастоподібної маси, яка не тече і добре утримує воду.

Рекомендовано вживати як загальнозміцнюючий засіб для людей, що мають проблеми із зором, а також при тривалій роботі на комп'ютері. Має адаптогенну, проти спазмолітичну, протизапальну дію, позитивно впливає на обмінні процеси в організмі, є джерелом інуліну, вітамінів, каротиноїдів, біофлавоноїдів та мінеральних речовин.

При виготовленні деяких дієтичних добавок, крім ВМФ та рослинної сировини, використовуються сухі мінеральні порошки, для збагачення мінерального складу ДД. Прикладом такої ДД може бути «Мінералін», до складу якого окрім ВМФ входять трава люцерни посівної та порошок коралового кальцію. Дана добавка проектувалась як джерело органічного Са для формування кісток опорно-рухового апарату та покращення мінерального обміну організму.

В складі ДД «Мінералін» використана трава люцерни посівної завдяки її багатому вітамінному, мікро- та макроелементному складу. Люцерна містить велику кількість вітамінів практично всіх груп. Також вона здатна збагачувати організм кальцієм, магнієм, калієм, фтором, залізом і іншими мікроелементами.

Завдяки добре розвиненій кореневій системі вона здатна отримувати більше поживних речовин з ґрунту, проникаючи в далекі його верстви. Крім того, всі вони містяться в легкозасвоюваній формі, тому застосування трави в їжу, або в якості компонента в ДД, здатне швидко збагатити організм людини вітамінами і такими елементами як кальцій, магній, калій, фтор, залізо.

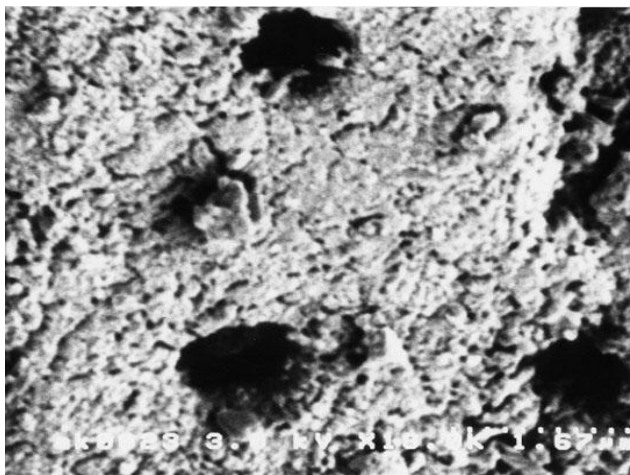


Рис.5.1. Пористість корала.

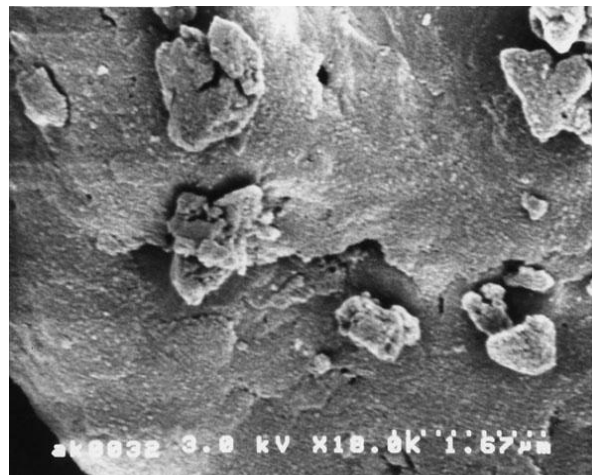


Рис.5.2. Пористість доломіту.

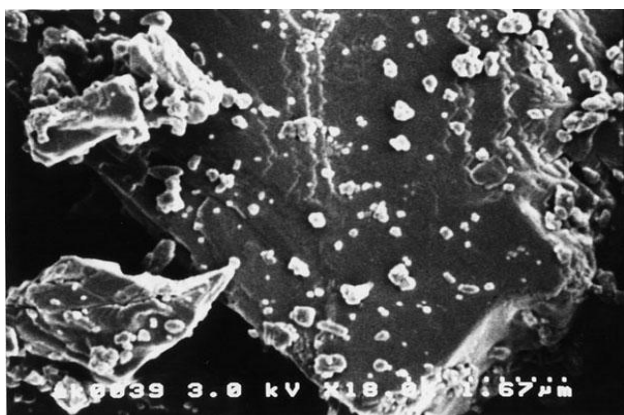


Рис.5.3. Пористість ячної шкаралупи.

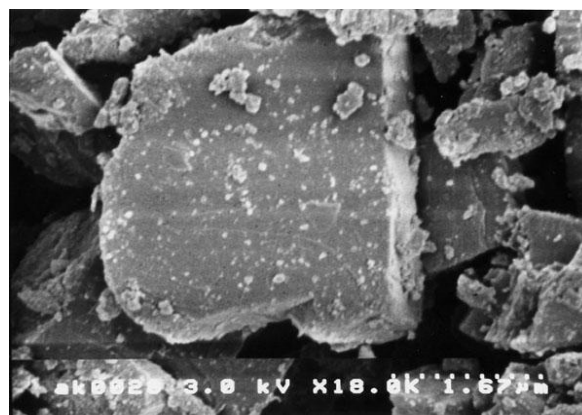


Рис.5.4. Пористість вапняку.

Також до складу «Мінераліну» входить кораловий кальцій. Він представляє собою дрібнодисперсну фракцію ( $\varnothing 0,1-0,2\text{мм}$ ) піску, утвореного відмерлими коралами Санго. Цей вид коралів росте тільки в акваторії острова Окінава (Японія). Він характеризується високим вмістом Са до 35% , 2% Mg, 0,1% Fe, 0,8% Cu, також присутні дефіцитні в нашому харчуванні селен, йод, цинк, хром та ін. мікроелементи, які присутні тільки в морепродуктах. Завдяки більшій пористості його структури, у порівнянні з іншими мінеральними джерелами Са рис. 5.1-4, всі макроелементи піску коралу легко і в більшій мірі засвоюється організмом [285].

Для обґрунтування якісного складу ДД «Мінералін» та розуміння потреби організму в нутрієнтах для метаболізму в кістках, розглянемо схему зв'язку між нутрієнтами та процесом побудови кісткової тканини, рис.5.5.

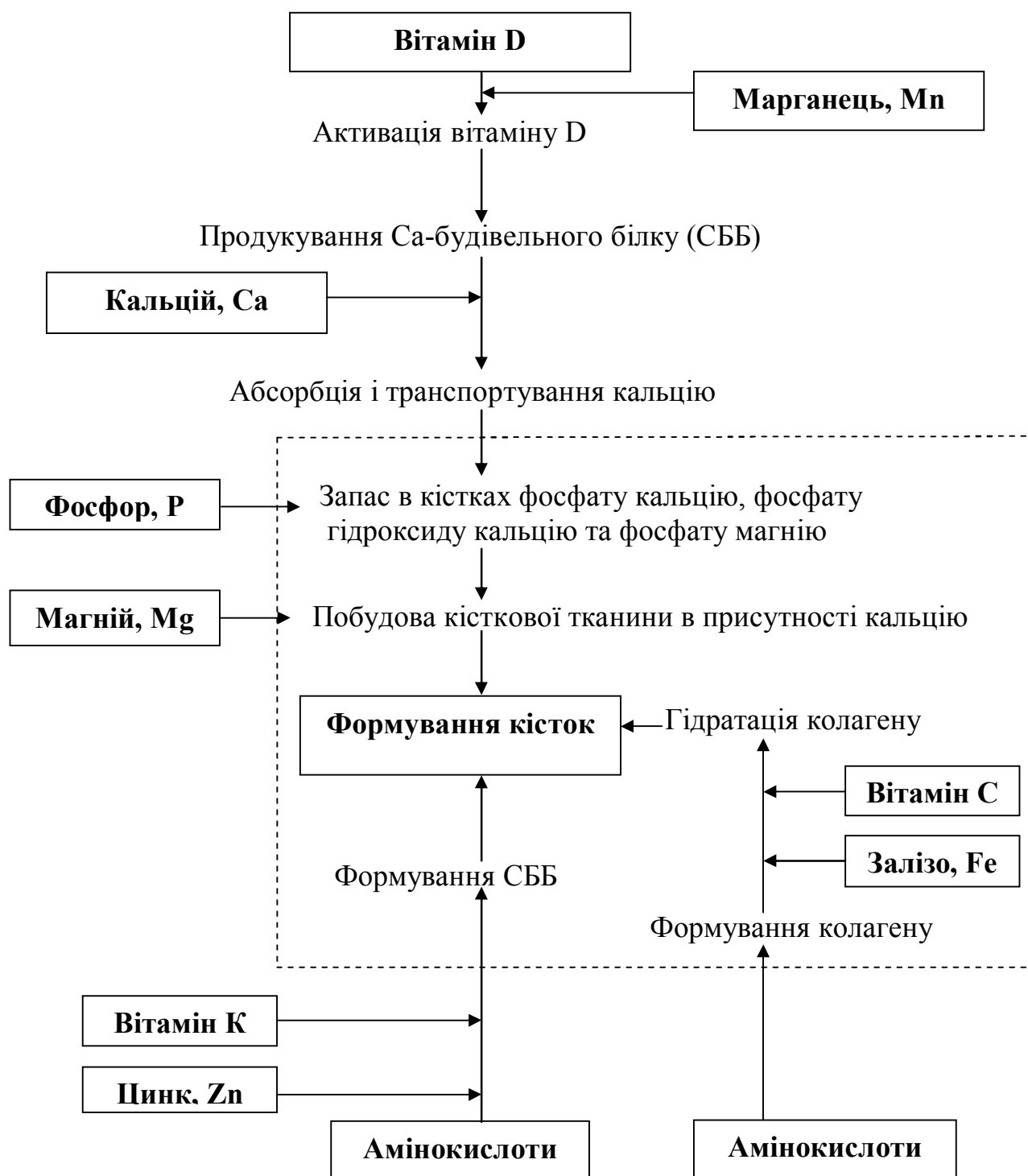


Рис.5.5. Метаболічні процеси побудови кісткової тканини в організмі, де  - Нутрієнти,  - Метаболізм в кістках.

Аналіз схеми метаболізму показує, що в процесі побудови кісткової тканини беруть участь вітаміни D, K і C (вони в достатній мірі наявні в зеленій масі люцерни), велика кількість Са (його вміст в кораловому кальції 30-35%),

фосфор, магній, марганець, цинк, залізо (у великих кількостях містяться як в люцерні, так і в коралі) та амінокислоти (в достатній мірі представлені в траві люцерни), тобто можна сказати, що якісний склад ДД «Мінералін» може повністю забезпечити складовими метаболічними процесами в кістках. Роль ВМФ у ДД «Мінералін» важлива тому, що вони значно збільшують абсорбцію Са і за рахунок цього можна зменшити його кількість в рецептурі ДД, а також приймають участь у транспортуванні складових до кісток. Технологічні особливості переробки листя та стебел рослинної сировини були описані вище, тому зупинимось на особливостях додавання в ДД порошку коралового кальцію.

На перший погляд найбільш простим способом було б просто змішати готовий порошок ВМФ+люцерна з порошком коралового кальцію в пропорції 9,5 : 0,5, згідно рецептури табл.5.3., але такий підхід має суттєвий недолік – дуже важко добитися рівномірного розподілу невеликої кількості коралового кальцію по всій масі ДД. Тому більш доцільним є додавання порошку кальцію на стадії змішування ВМФ з підготовленою кашкою люцерни. У такий спосіб, при змішуванні ВМФ, порошку та кашки люцерни за рахунок дифузійних процесів, які проходять в рідинних середовищах, одержуємо однорідний розподіл всіх компонентів в загальній масі ДД.

Таким чином принципова технологічна схема, відповідно попереднім дослідженням, одержання дієтичних добавок на основі ВМФ та рослинної сировини, набуває наступного вигляду рис.5.6.

Також до переваг над існуючими схемами виробництва фруктанів і ДД з їх участю, можна віднести відтворюваність технологій як в промислових масштабах, так і в домашніх умовах, чи в сфері обслуговування. Це обумовлено відсутністю таких операцій як очистка екстрактів за допомогою катіонітів, аніонітів та електродіалізу, випарювання та фільтрування під вакуумом, осадження високими концентраціями етанолу, розпилювальної сушки.

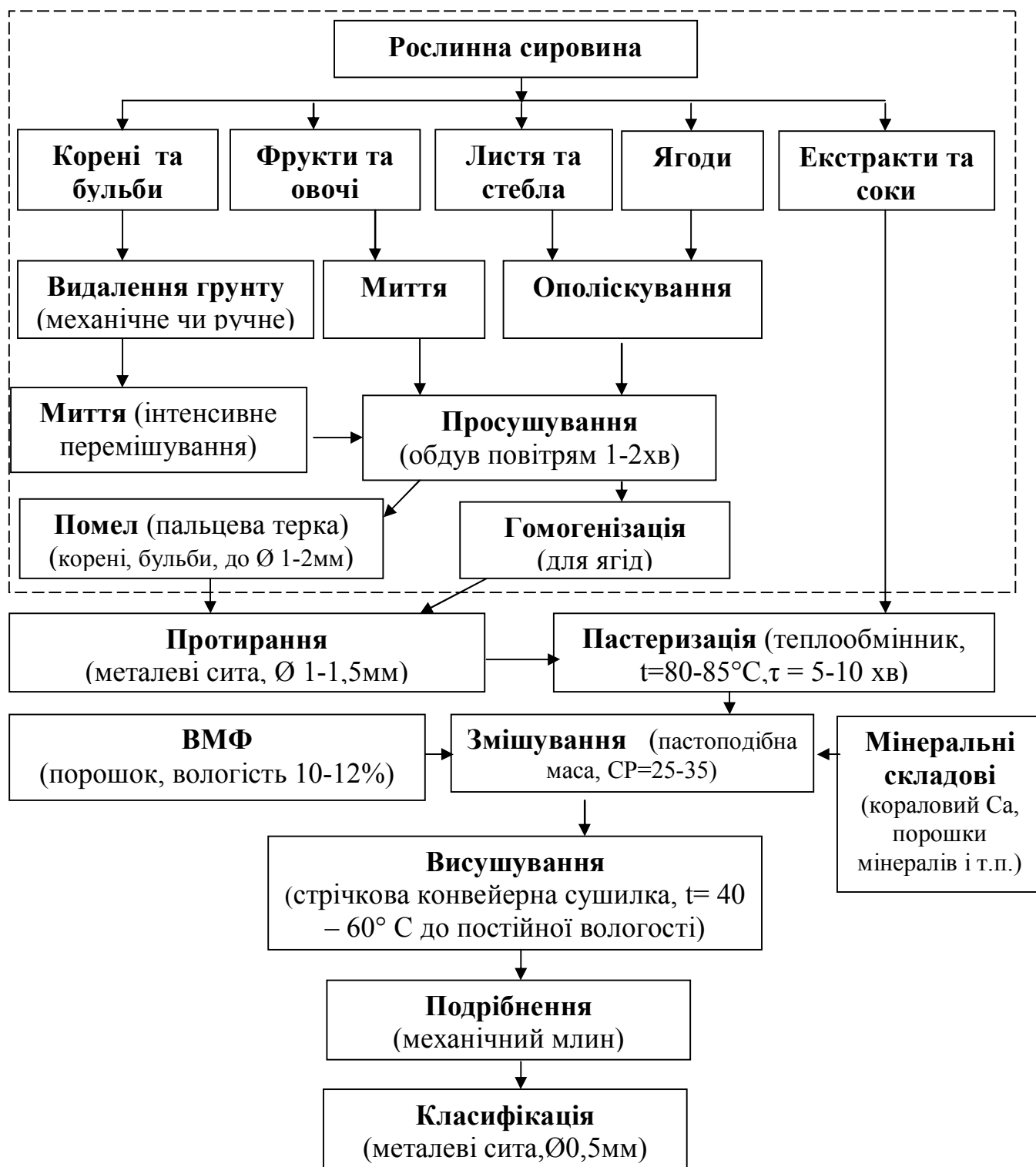


Рис.5.6. Принципова технологічна схема одержання

дієтичних добавок на основі ВМФ та рослинної сировини, де

□ - основні операції, □ - процес підготовки сировини.

Розроблені рецептури дієтичних добавок на основі ВМФ, були зареєстровані та затверджені: ТУУ 15.8 19116716.002-98 "Інулін рослинний

харчовий", ТУ У 15.8 19118716.004-98, ТУ У 15.8 19116716 005- 2003 та ТУ У 15.8 35633283-001 2009 "Добавки дієтичні на основі інуліну".

Згідно них кількісний склад добавок наступний:

ТУУ 19116716.002-98 "Інулін рослинний харчовий" – 100% ВМІ.

ТУ У 19118716.004-98 та ТУ У 15.8 35633283-001 2009 – табл.5.2.

Табл.5.2.

Компонентний склад дієтичних добавок згідно ТУ У 19118716.004-98 та ТУ У 15.8 35633283-001 2009 в г/1кг продукту.

Дієтична добавка	ВМФ, г	Рослинна сировина, г
ВМФ з плодами шипшини	700	300
ВМФ з плодами глоду	850	150
ВМФ з квітками липи	700	300
ВМФ з квітками нагідок	700	300
ВМФ з листям кропиви	700	300
ВМФ з листям м'яти	700	300
ВМФ з листям меліси	700	300
ВМФ з коренем женьшеню	930	70
ВМФ з коренем діоскореї	950	50
ВМФ з кореневищем айру	700	300
ВМФ з коренем солодки	900	100
ВМФ з коренем елеутерокока	930	70
ВМФ з насінням лимонника	960	40
Згідно ТУ У 15.8 35633283-001 2009		
Інулан (інулін ССП $\geq$ 35)	1000	-
Момордилін (ВМФ з плодами момордики)	800	200
Пасифлорін ( ВМФ з листям пасифлори)	850	150
Тібетський зцілювач (ВМФ з листям мурайї)	850	150
Гіностемін (ВМФ з листям гіностеми)	850	150

ТУ У 15.8 19116716 005- 2003 – табл.5.3.

табл.5.3.

Компонентний склад дієтичних добавок згідно ТУ У 15.8 19116716  
005- 2003 в г/1кг продукту.

Складові	Дієтична добавка						
	Мінералін	Альфа-діабетин	Зір	Уролін	Артрит-мінус	Мімоза	Казанова
ВМФ	700	650	650	650	700	700	650
Корені солодки	-	-	-	-	-	75	-
Корені лопуха	-	100	-	-	75	75	-
Корені селери	-	-	-	-	-	75	70
Рильця кукурудзи	-	-	-	-	-	75	-
Трава люцерни	250	100	-	-	75	-	-
Корені імбиру	-	-	-	-	75	-	70
Корені айру	-	-	-	-	-	-	70
Корені моркви	-	-	70	-	75	-	-
Корені женьшеню	-	-	-	-	-	-	70
Корені пастернаку	-	-	-	70	-	-	70
Плоди горобини	-	-	70	70	-	-	-
Трава хвощу	-	-	-	70	-	-	-
Корені кульбаби	-	100	-	70	-	-	-
Корені цикорію	-	-	-	70	-	-	-
Плоди чорниці	-	50	70	-	-	-	-
Листя кропиви	-	-	70	-	-	-	-
Листя шпинату	-	-	70	-	-	-	-
Кораловий кальцій	50	-	-	-	-	-	-



При проектуванні та виготовленні дієтичних добавок «ВМФ+лікарська рослинна сировина», визначали склад та біологічну дію лікарської сировини [286], табл.5.4., що дало в подальших дослідженнях можливість спрогнозувати лікувально – профілактичні властивості розробленої продукції і дати рекомендації по її застосуванні.

Табл.5.4.

Класифікація рослинної сировини за її активними складовими та біологічною дією (скорочена, відповідно до сировини, використаної в даній роботі).

Рослинна сировина	Активний компонент	Біологічна дія
Корені солодки	Тритерпенові сапоніни, флавоноїди, стерини, аспарагін, кумарини, аскорбінова к-та та інш	Мають сечогінну, протизапальну, протиспазмолітичну, антигістамінну дію, регулюють водно-сольовий обмін в організмі
Корені лопуха	Дубильні й гіркі речовини, слиз, флавоноїди ситостерин і стигмастерин, ефірна і жирна олії, феуктани (до 45%), органічні кислоти, глікозид арктиїн	Діуретичні, жовчогінні, дезінфікуючі й потогінні властивості; стимулюють утворення протеолітичних ферментів, збільшують кількість глікогену в печінці, активно впливають на обмін речовин.
Корені селери	Коріння селери містять солі магнію, заліза органічного натрію, калію, кальцію, фосфору, органічні кислоти, а також високий вміст вітамінів С, РР, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub>	Профілактика серцево-судинних захворювань, атеросклерозу і цукрового діабету, розчиняє відкладення солей, зміцнює нервову систему і знімає нервову напругу.
Рильця кукурудзи	Вітаміни С і К, ефірні олії, аскорбінова кислота, поліненасичені кислоти, хром, мідь, залізо, танін, сапоніни	Сечогінна, гіпоглікемічна дія, сприяють розчиненню холестеринових відкладень і виведенню шлаків з організму.
Трава люцерна	Жирні органічні кислоти, тритерпеноїди, естрогени, амінокислоти, вітаміни К, Е, D <sub>2</sub> , В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , D <sub>3</sub> , В <sub>12</sub> , С, мікро- та макроелементи Р, Fe, Mg, Са, F, К, Na, пантотенова кислота	нормалізація метаболізму, поліпшення роботи ендокринної та кровоносної систем, виведення холестерину з організму
Корені імбиру	Цінгіберен, гінгерол, вітаміни - А, С, холін, нікотинова кислота; мінерали - кальцій, хром, залізо, магній, марганець, калій, натрій, фосфор, кремній, германій; жирні кислоти незамінні амінокислоти;	антиоксидантна, протівірусна, антиканцерогенна, протизапальна дія, виводить токсини, зміцнює імунітет

## Продовження табл.5.4.

Корені айру	ефірне масло, гіркий глікозид акорин, алкалоїд каламін, камедь, вітамін С, фітонциди	заспокійлива, знеболююча, сечогінна, стимулююча, антисептична і тонізуюча дія.
Корені моркви	А (бета-каротин), групи В, С, Е, мікро- та макроелементи в т.ч. F, Cu, хром, I, Se, Zn, Fe, Mn, K, Mg, Ca.	протизапальна, ранозагоювальна, жовчогінна, знеболююча, антисептична і протисклеротична дія
Корені женьшеню	тритерпенові глікозиди, пектинові речовини, жирні кислоти, мікро- та макроелементи в т.ч. Fe, Si, P, Mg, ефірні олії	Має антидіабетичні, антитоксичні, гіпертензивні, імуностимулюючі, тонізуючі властивості, є афродізіаком, адаптогеном, позитивно впливає на працездатність і збільшує опірність організму хворобам.
Корені пастернаку	Вуглеводи, клітковина, більша частина вітамінів групи В, також вітаміни С, К, А і РР, мікро- та макроелементи в Fe, P, K, Zn, Mg.	Має тонізуючу, сечогінну, протизапальну дію, знижує рівень цукру і «поганого» холестерину в крові. очищує організм від токсинів і шлаків.
Плоди горобини	вітаміни (С, Р, каротин), органічні кислоти, флавоноїди, дубильні речовини, гіркоти, глікозид парасорбозид	Сечогінний і жовчогінний засіб, сприяє зниженню тиску, має протимікробну дію, зменшує рівень холестерину в крові, стабілізує обмін речовин.
Трава хвощу	флавоноїди, сапонін еквізетонін, каротин, органічні кислоти, масло жирне, гіркоти, дубильні і смолисті речовини, солі кремнієвої кислоти, мінеральні солі.	Сечогінний, протиспазмолітичний, протизапальний, тонізуючий і детоксикаційний засіб.
Трава гіностеми	82 різних сапоніна, 4 із яких є ідентичними з женьшенем, флавоноїди, полісахариди, амфнокислоти, мінерали: селен, кальцій, магній, калій, залізо.	Має антистресові, адаптогенні, антиоксидантні, протисклеротичні, гепатопротекторні властивості, покращує роботу лімфатичної системи, має геронтологічну дію.
Плоди чорниці	Таніни, флавоноїди, антоціани, дубильні речовини, вітаміни: А, С, Е, групи В, РР, <u>мікро- і макро- елементи: калій, магній, залізо, кальцій, цинк, хром</u>	Загальнозміцнююча, сечогінна, антиоксидантна, антидіабетична, кардіотонічна дія.
Листя кропиви	Глікозид уртицин, дубильні речовини, каротиноїди, хлорофіл, вітаміни С, В2, В3, органічні кислоти, мікро- і макроелементи (кремній, залізо, мідь, марганець, бор, титан, нікель).	Мають кровоспинну, діуретичну, жовчогінну, судинозвужувальну, загальнозміцнювальну дію, нормалізують ліпідний обмін, нормалізують склад крові, зменшують вміст цукру в крові.

## Продовження табл.5.4.

Листя шпинату	білки, насичені та ненасичені жирні кислоти, вітаміни А, Е, С, Н, К, РР, багато вітамінів групи В, бета-каротин; кальцій, магній, натрій, калій, фосфор, залізо, цинк, мідь, марганець, селен	М'яко стимулює перистальтику кишечника, сприяє зміцненню кровоносної системи, має загальнооздоровчу, протисудомну, антиканцерогенну дію, виводить з організму токсини і шлаки.
Листя мурайї	Мінеральний склад: калій, залізо, кальцій, магній, фосфор, флавоноїд гесперидин.	Сприяє покращенню стану капілярів і зміцненню стінок кровоносних судин, нормалізує кров'яний тиск.
Листя пасифлори	Флавоноїди, глікозиди, фенольні сполуки, амінокислоти, органічні кислоти.	Має седативну, протиспазмолітичну, знеболюючу і антибактеріальну дію.
Плоди момордики	Вітаміни С, В9, В5, В3, Е, мікро та макроелем. К, Mg, P, Ca, Na, алкалоїди, флавоноїди, амінокислоти.	Має антибактеріальну, діабетичну, антиканцерогенну, протизапальну, антиоксидантну дію.
Корені елеутерока	Елеутерозіди, вітаміни А, В, С, Д, Е, ефірні олії, смоли, ліпіди.	Мають загальнозміцнюючу, анаболізуючу, ранозагоювальну, протидіабетичну, протизапальну та гіпотензивні властивості, підвищують фізичну і розумову працездатність, затримують виведення вітаміну С з організму.
Насіння лимонника	Марганець, йод, мідь, цинк, ефірні масла, кальцій, калій, залізо і Mg, вітаміни С, Е, А, РР і групи В, велика кількість флавоноїдів.	Регенерує клітини організму, має протизапальну та антимікробну дію, зміцнює стінки судин і кісткову тканину.

Таким чином, знаючи склад та біологічну дію рослинної сировини, яка використовується для виготовлення ДД на основі фруктанів, можна сконструювати ДД направленої лікувально профілактичної дії.

Для прикладу:

*Завдання* – створити ДД антистресової дії.

*Виконання* – виходячи із розробленої технології, вміст ВМ фруктанів в добавці, враховуючи особливості одержання пастоподібної маси ВМФ+рослинна сировина, не може бути менше ~60%. Сам фруктан не має седативної дії, тому в рецептуру додаємо рослини які б мали заспокійливу дію,

могли б нормалізувати кров'яний тиск, укріпляти судини та нервову систему. Із табл.5.4. вибираємо:

- Листя пасифлори, яке має седативну, протиспазмолітичну та знеболюючу дії;
- Листя мурайї, яке сприяє покращенню стану капілярів і зміцненню стінок кровоносних судин;
- Корені айру, які мають антистресові та адаптогенні властивості.

Згідно технологічної схеми рис.5.7., проводимо експериментальне виготовлення ДД. Всі рослинні компоненти листя пасифлори : листя мурайї : корені айру у співвідношенні 50г : 50г : 50г змішують, перемелюють, протирають та змішують з ВМФ до одержання пастоподібної маси. Висушуємо в сушильній шафі при температурі 50°C до постійної маси і зважуємо. Практика показує, що вологість одержаної суміші може бути такою ж як і у ВМФ, або більшою на 10-15%. Щоб визначити пропорційний склад ДД, від ваги одержаної сухої маси віднімаємо вагу використаного ВМФ і ділимо на кількість рослинних складових. Наприклад: загальна вага експериментальної ДД, одержаної із 150г 3-х компонентної свіжої рослинної сировини = 115г, для її одержання використано 87г ВМФ, тоді частка сухої рослинної сировини в загальній масі ДД складе  $115-87=28$ г. В перерахунку на 100% загальної маси ДД співвідношення ВМФ – рослинна сировина складе 75,66 : 24,34, або після округлення результатів, для зручності практичного виготовлення 75 : 25. Тобто, для виготовлення 100 кг змодельованої та експериментально виготовленої ДД з антистресовими властивостями потрібно 75 кг ВМФ, 8,33 кг листя пасифлори, 8,33 кг листя мурайї та 8,33 кг корені айру. Остаточний пропорційний склад може коректуватися після медико біологічних випробувань і затверджується в установленому порядку (ДСТУ, ТУ У.).

Крім дієтичних добавок на основі інуліну, розроблено технології кулінарної продукції з добавлянням розроблених дієтичних добавок, НМІ та ВМІ [287].

***Технології кулінарної продукції з дієтичними добавками на основі ВМ інуліну:***

1. Напівфабрикат млинчиків з добавкою дієтичною «Інуліново каротинова». Кількість добавки 70 г/кг продукту.

Технологія приготування - яйця, сіль, цукор та добавку дієтичну «Інулінова каротином» розмішують, додають холодне молоко, борошно та вибивають до утворення однорідної маси. Готове рідке тісто проціджують. Млинці випікають з обох боків на змазаних жиром сковорідках діаметром 24–26 см, потім знімають зі сковороди та охолоджують.

2. Млинчики-напівфабрикат з екстрактом стевії та добавкою дієтичною «Інулін з пелюстками троянди». Кількість добавки 16 г/кг продукту.

Технологія приготування. Яйця, сіль, екстракт стевії і дієтичну добавку «Інулін з пелюстками троянди» розмішують, додають молоко (50% норми), всипають просіяне борошно і збивають до отримання однорідної маси, поступово додаючи решту молока. Готове рідке тісто проціджують. Млинчики випікають на змащених олією і розігрітих сковорідках діаметром 24–26 см. Налите тісто повертанням сковорідки розподіляють рівним шаром по всій поверхні і обсмажують з однієї сторони, після чого млинчики знімають і охолоджують.

3. Тісто дріжджове з добавкою дієтичною «Інуліново каротинова» Кількість добавки 21 г/кг продукту.

Технологія приготування. Дріжджове тісто готують опарним способом. В діжу вливають підігріту до температури 35–40°C воду (60–70 % від загальної кількості), додають розведені в воді та проціджені дріжджі, борошно (35–60%), перемішують до отримання однорідної маси. Поверхню посипають борошном та ставлять у приміщення з температурою 35–40°C на 2–3 год. для бродіння. Коли опара збільшиться в об'ємі в 2–3 рази і почне опадати, до неї додають решту води з розчиненими сіллю та цукром, яйця, добавку дієтичну «Інуліново каротинова», все перемішують, додають решту борошна та замішують тісто. Закінчуючи заміс, додають розтоплений маргарин. Діжу закривають та

залишають на 2–2,5 години для бродіння. Під час бродіння тісто обминають 2–3 рази.

4. Розстегаї з м'ясом, ламінарією та добавкою дієтичною «Інулін з гіностемою». Кількість добавки 400 г на 100 шт по 143 г.

Технологія приготування. З дріжджового тіста формують кульки масою 120 г, розстоюють протягом 50 хвилин та розкачують, насередину кладуть фарш. Кінці тіста заціпують так, щоб середина залишалася відкритою. Розстегаї кладуть на змазані жиром листи, дають розстоятися, змазують меланжем та випікають при температурі 230–240°C 8–10 хвилин. Для фаршу сире м'ясо пропускають через м'ясорубку, кладуть на змазаний жиром лист шаром не більше 3 см та, періодично перемішуючи, обсмажують до готовності в жарочній шафі. М'ясний сік зливають та готують на ньому білий соус. Обсмажене м'ясо з'єднують з пасерованою цибулею і ще раз пропускають через м'ясорубку з дрібною решіткою. Фарш заправляють білим соусом, ламінарією, сіллю, перцем, дрібно нарізаною зеленню та перемішують.

5. Фарш морквяний з яйцем, екстрактом стевії та добавкою дієтичною «Інулін з миртом та розмарином». Кількість добавки 5 г/кг продукту.

Технологія приготування - очищену моркву ретельно промивають, подрібнюють на тертушці, а потім припускають з доданням вершкового масла у невеликій кількості води. До припущеної моркви додають сіль, екстракт стевії, варені січені яйця і перемішують.

6. Пудинг з сиру з добавкою дієтичною «Інулін з мелісою та вербеною лимонною» (запечений). Кількість добавки 50 г/кг продукту.

Технологія приготування. У гарячій воді розчиняють ванілін, потім всипають манну крупу і, помішуючи, заварюють. У протертий сир додають яєчні жовтки, розтерті з цукром, охоложену заварену манну крупу, розм'якшене масло вершкове, сіль, ДД «Інулін з мелісою та вербеною лимонною», підготовлені і обсушені родзинки. Масу ретельно перемішують. Яєчні білки збивають до утворення густої піни і вводять в підготовлену масу перед запіканням. Отриману масу викладають шаром завтовшки 3–4 см на

змащене маслом і посипане сухарями деко (або в форми), змащують сметаною і запікають у духовці протягом 25-35 хв при температурі 220-250 ° С. Готовий пудинг витримують 5-10 хв і виймають з форм . Пудинг , запечений на деку , не викладаючи , розрізають на порційні шматки. Відпускають з молочним або солодким соусом.

*Технології кулінарної продукції з ВМ інуліном:*

1. Салат картопляний з інуліном. Кількість ВМІ 20 г/кг продукту.

Технологія приготування. Очищену варену картоплю нарізають дрібними скибочками, посипають порошком інуліну та змішують із шинкованою зеленою цибулею, або нарізаною півкільцями чи шинкованою ріпчастою цибулею. Салат заправляють заправкою для салатів.

2. Помідори, фаршировані яйцем, цибулею та ВМ інуліном. Кількість ВМІ 1,5 г на одну порцію.

Технологія приготування. Верхню частину помідорів підрізують так, щоб вона утворила кришечку. Всередині помідора роблять отвір для фаршу, виймаючи частину м'якоті. Помідори посипають сіллю та перцем, наповнюють фаршем, перед подачею поливають майонезом або сметаною з доданням соусу «Південний» та посипають зеленню. Для приготування фаршу охолоджені відварені яйця подрібнюють, додають м'якоть помідора, нашинковану цибулю та інулін.

3. Паштет із печінки з інуліном. Кількість ВМІ 10 г /100г продукту.

Технологія приготування. Нарізану цибулю, моркву підсмажують зі шпиком до напів готовності, додають нарізану печінку, спеції, все смажать, додають інулін і пропускають двічі через м'ясорубку, потім додають дві третини від норми розм'якшеного вершкового масла, молоко та ретельно вимішують. Решта масла йде на оздоблення паштету. Формують у вигляді батона, оздоблюють маслом і рубленим яйцем.

4. Борщ з інуліном. Кількість ВМІ 10 г /кг продукту.

Технологія приготування. В киплячий бульйон або воду закладають нашинковану капусту і варять 10–15 хвилин. Потім кладуть тушкований буряк, пасеровані овочі, варять до готовності. За 5–10 хвилин до кінця варки додають інулін, сіль, цукор, спеції. Використовуючи квашену капусту, її в тушкованому вигляді вводять у борщ разом з буряком. Борщ можна заправити пасерованим борошном, розведеним бульйоном або водою (10 г борошна на 1 000 г борщу).

5. Омлет «Делікатесний» з інуліном. Кількість ВМІ 5 г /110 г продукту.

Технологія приготування. До яєць або меланжу додають молоко або воду, сіль, інулін. Суміш добре розмішують, виливають на порціонну сковороду з розтопленим жиром і, помішуючи, смажать 5–7 хвилин. Як тільки омлетна маса загусне, краї омлету загортають з двох боків до середини, надаючи йому форму продовгуватого пиріжка. Коли нижній бік омлету підсмажиться, його перекладають на підігріту тацю або тарілку рубцем до низу і поливають розтопленим жиром, посипають дрібно нарізаною зеленню.

6. Ватрушки картопляні з сиром та інуліном. Кількість ВМІ 3 г /200 г продукту.

Технологія приготування. У зварену очищену та протерту картоплю, охолоджену до 40–50°C додають інулін, яйця та пшеничне борошно, перемішують та залишають на 15 хвилин для набрякання. Потім масу формують у вигляді кругляшів по 2 шт. на порцію, роблять у них заглибини і заповнюють сирним фаршем. Сформовані ватрушки змазують яйцем та випікають при температурі 180°C протягом 30 хвилин. Для приготування фаршу сир пропускають через м'ясорубку або протирають через протирочну машину, додають яйця, сіль, цукор, сметану та перемішують.

7. Запіканка рисова з сиром та інуліном. Кількість ВМІ 5 г /200 г продукту.

Технологія приготування. Підготовлену до варки рисову крупу всипають у киплячу воду, варять до загустіння, помішуючи. Коли каша стане густою, накривають кришкою і ставлять на упрівання на 30–40 хвилин. Готову кашу охолоджують до 60–70 °С, додають збиті сирі яйця з цукром, протертий сир,



інулін, підготовлені родзинки, ванілін, масло і перемішують. Підготовлену масу викладають на змазаній маслом і посипаний сухарями лист, поверхню змазують сумішшю яєць зі сметаною і запікають 10 хвилин. Подають запіканку зі сметаною.

8. Грудинка, фарширована м'ясом з рисом і інуліном. Кількість ВМІ 5г/200 г продукту.

Технологія приготування. У грудинки з внутрішньої сторони вздовж реберних кісток прорізають плівки, ребра видаляють до або після теплової обробки. Потім по всій довжині грудинки, починаючи з тонкого її кінця, між зовнішнім шаром м'яса і шаром м'яса, що безпосередньо прилягає до ребра, прорізають плівки так, щоб вийшов простір у вигляді мішка. Мішок, що утворився, наповнюють м'ясним фаршем з рисом і інуліном. Краї зашивають. Приготування фаршу: у подрібнене сире м'ясо додають воду, сіль, перець, пасеровану цибулю, відварений рис і інулін, потім усе ретельно перемішують. Підготовлену грудинку посипають сіллю, перцем і смажать у жарочній шафі до готовності (більше години). Готову грудинку нарізають по одному шматку на порцію і поливають м'ясним соком. Гарніри — каші розсипчасті, бобові відварені, макаронні вироби відварені, пюре картопляне, картопля смажена (із сирі), овочі, при пущені з жиром, гарбуз, кабачки, баклажани смажені.

9. Цукерки з кисломолочного сиру та інуліну. Кількість ВМІ 5г/200 г продукту.

Технологія приготування. Сир протерти, змішати з цукровою пудрою, какао, підсушеними зародками пшениці, інуліном, цукатами та ванільним цукром. Додати сметану і добре перемішати, щоб маса була однорідною, шоколад натерти на тертці. З кисломолочної маси зформувати невеликі кульки, запанірувати в шоколадній стружці. Зформовані цукерки поставити в холодильну шафу на дві години.

*Технології кулінарної продукції з НМ інуліном:*

1. Борщ з картоплею та олігофруктозою. Кількість НМІ 15 г /1000 г продукту.

Технологія приготування. Картоплю, нарізану брусочками, закладають в киплячу воду і варять 10–15 хвилин. Буряк відварюють заздалегідь цілим в шкірці, очищають його і нарізують соломкою. Підготовлений буряк, пасеровані овочі і томатне пюре кладуть у борщ за 5–10 хвилин до готовності. Додають олігофруктозу, сіль, цукор, спеції. Борщ відпускають зі сметаною і зеленню.

2. Салат із свіжих помідорів з солодким перцем та інуліном. Кількість НМІ 30 г /1000 г продукту.

Технологія приготування. Підготовлені помідори нарізають тонкими скибочками, цибулю шинкують, перець нарізають соломкою. Овочі з'єднують, розкладають на порції, поливають заправкою для салатів, посипають інуліном, подрібненою зеленню петрушки.

3. Соус червоний основний з НМ інуліном. Кількість НМІ 30 г /1000 г продукту.

Технологія приготування. Нарізані цибулю, моркву, петрушку пасерують з жиром, додають томатне пюре та продовжують пасерування ще 10–15 хвилин. Просіяне пшеничне борошно у посуді шаром до 4 см пасерують при температурі 150–160°C, періодично помішуючи, до світло-коричневого кольору. Охолоджену до 70–80°C борошняну пасеровку розводять теплим бульйоном у співвідношенні 1 : 4, ретельно перемішують і вводять у киплячий коричневий бульйон, після цього додають пасеровані з томатним пюре овочі та варять при слабкому кипінні 45–60 хвилин. У кінці варки додають сіль, цукор, інулін, перець чорний, лавровий лист. Соус проціджують, протираючи овочі, та доводять до кипіння. Соус червоний основний використовують для приготування інших соусів. При використанні його як самостійного соусу — заправляють маргарином столовим (70, 50, 30 г відповідно по I, II та III колонках). Подають соус до страв з котлетної маси, субпродуктів, сосисок, сардельок.

4. Зефір «Особливий» з порошком горобини. Кількість НМІ 30 г /1000 г продукту.

Технологія приготування. Цукор змочують водою та ставлять варити до проби на тверду кульку. У бак машини кладуть замочений у воді желатин, білок, цитринову кислоту, повидло, інулін та збивають разом з цукровим сиропом. У збиту сніжнобілу масу додають порошок горобини (відновлений), ванільний цукор та коньяк і трохи перемішують. Готову масу висаджують з кондитерського мішка з зубчастою насадкою на металевий стіл та посипають цукровою пудрою. Через 1 год. застигання кульки склеюють між собою.

5. Смузі з морозивом та жень-шенем з інуліном. Кількість НМІ 3 г /100 г продукту.

Технологія приготування Молоко нагрівають до 50-60 °С, додають подрібнені зерна льону, змішують, після чого охолоджують. Всі продукти перемішують у блендері до однорідної маси, зверху посипають подрібненим мигдалем.

При розроблені кулінарної продукції з додаванням дієтичних добавок на основі ВМФ слід зважати на можливу зміну смаку блюд, так як рослинні добавки часто мають виражені пряно ароматичні якості.

ВМ та НМ фруктани не мають смаку і запаху, тому не можуть впливати на органолептичні показники кулінарної продукції. При їх додаванні в блюда слід керуватися наступними принципами:

- Додавати фруктани в кулінарну продукцію без термічної обробки (салати, непрозорі напої, смузі т.п.);
- В блюда з термообробкою (супи, борщі, тушковані та жарені блюда) НМФ слід додавати за 5-10 хв до завершення приготування, ВМФ не більше ніж за 30 хв;
- Без обмежень можна використовувати в якості посипки;
- Дозування ВМФ повинне бути не більше 5 г/100 г продукту і НМФ не більше 10-15 г/100 г продукту (добова лікувально профілактична доза ВМФ та НМФ), для запобігання удорожчання продукції.

Виконання даних положень при розроблені технологій приготування, дозволять максимально можливо зберегти біологічну дію ВМФ та запобігти надмірних витрат дорогих добавок.

### **Висновки**

1. Розроблена технологія одержання дієтичних добавок дозволяє одержувати добавки з високим (від 65 до 85%) процентним вмістом ВМФ в них і можуть застосовуватись в лікувально - профілактичному харчуванні населення.

2. Розроблені методи підготовки рослинної сировини дозволяють переробляти всі її види (корені, фрукти, овочі, листя, стебла та ін.), а також екстракти та соки лікарських рослин.

3. Найдоцільнішим є добавляти фруктани в кулінарну продукцію яка готується без термічної обробки (салати, непрозорі напої, смузі т.п.).

## РОЗДІЛ 6

### МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОМИСЛОВЕ ВИПРОБУВАННЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ

#### **6.1. Медико-біологічні дослідження ВМ інуліну.**

Одержаний в результаті випробувань ВМ інулін був переданий для медико-біологічних досліджень в Київський інститут підвищення кваліфікації лікарів. Дослідження проводились на базі 12 клінічної лікарні, кафедри медичної генетики інституту вдосконалення лікарів і кафедри ендокринології медичного університету.

В результаті довготривалого введення інуліну (1, 2, 3 місяці) тваринам та хворим на цукровий діабет, що були під впливом радіаційного випромінювання, дано позитивне заключення про можливість використання інуліну. Встановлено, що інулін не має токсичної дії, сприяє засвоєнню глюкози, зниженню холестерину і глікемії. Застосування інуліну при радіаційному випромінюванні сприяє процесам відновлення цілості генетичного апарату.

Медико-біологічні дослідження стосовно можливості використання інуліну згідно ТУУ 19116716.002-98 в лікувально-профілактичному і дієтичному харчуванні проводились в клініці Інституту екогігієни і токсикології ім.Л.І.Медведя [Додаток Е].

Аналіз представлених матеріалів свідчить про позитивну роль інуліну в терапії ряду захворювань. Так, результати досліджень Республіканської клінічної лікарні свідчать про помітне зниження показників ліпідного обміну (загальних ліпідів, холестерину, холестерину ліпопротеїдів низької густини, коефіцієнта атерогенності). Крім того, відмічена нормалізація рівня печінкових показників. При клінічному нагляді за хворими із різними проявами ішемічної хвороби серця, які на протязі року щоденно приймали 1 чайну ложку інуліну (5 г) під час сніданку або 3 чайні ложки «Фрутафіт» було встановлено слідуюче.

Хворі цієї групи на протязі року не потрапляли на стаціонарне лікування по швидкій допомозі, що спостерігалось раніше в попередні роки. Гострі прояви ішемічної хвороби серця (прогресуюча стенокардія – передінфарктний стан, недостатність кровообігу – набряк легень, гострий інфаркт міокарда, раптова смерть) – були вкрай випадкові. Особливо це було відмічено у хворих з супутнім цукровим діабетом, так як саме ці хворі складають основну групу ризику стосовно гострого інфаркту міокарду та раптової смерті. Саме у цих хворих відмічена стійка стабілізація рівня глюкози у крові на тлі частого зниження і дози цукрознижуючих препаратів та зниження рівня ліпідів крові. Цей досвід застосування інуліну дозволяє думати, що він має благодійну дію, без надлишків медикаментів дозволяє впливати на перебіг основного та супутнього захворювання, може мати широке терапевтичне застосування на фоні скритого та явного діабету.

Проведені дослідження в Інституті ендокринології та обміну речовин АМНУ також свідчать, що інулін має помірно виражений гіпоглікемізуючий ефект і може застосовуватись хворими на цукровий діабет, як цукрознижуючий засіб. Науковцями цього закладу встановлена особливість інуліну сприяти зниженню в крові хворих на цукровий діабет (II тип) рівня холестерину та тригліцеридів, що дозволяє рекомендувати його як профілактичний засіб для запобігання ушкоджень судин при інсуліннезалежному діабеті.

Результати досліджень в Київській медичній академії післядипломної освіти МОЗ України показали, що у хворих на цукровий діабет на протязі стаціонарного лікування, які отримували інулін (1-2г після сніданку) знижувався рівень цукру в крові ( $15,60 \pm 2,48$  ммоль/л до  $6,25 \pm 1,14$  ммоль/л  $p < 0,001$ ), холестерину ( $15,86 \pm 2,34$  ммоль/л до  $6,28 \pm 0,18$  ммоль/л,  $p < 0,001$ ). При цьому також збільшувалась імунологічна резистентність.

Так, у хворих на цукровий діабет (1-тип) з органічними ураженнями судин у стані декомпенсації вуглеводного обміну та відміченим пригніченням супресорної активності Т-лімфоцитів після комплексного лікування із застосуванням інуліну відмічали активацію супресорної активності Т-

лімфоцитів, збільшення відносної кількості І-лімфоцитів. Вміст В-лімфоцитів не відрізнявся від контрольних величин.

Досить значні зміни подібного характеру також спостерігались при комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет (ІІ-тип) із застосуванням інуліну.

Таким чином, результати достатньої кількості клінічних досліджень інуліну рослинного харчового і концентратів інулінових ягідних, плодових і овочевих виробництва МП ТОВ «Інулін, Лтд» дають підставу зробити висновок, що згадана вище продукція має високу біологічну активність. Її доцільно використовувати в складі лікувально-профілактичного і дієтичного харчування при захворюваннях на цукровий діабет, при порушенні ліпідного та холестеринового обміну, при хронічній ішемічній хворобі серця. Визначена оптимальна добова доза інуліну на добу, вона складає – 5г для інуліну та 15г на добу для концентратів інулінових плодово-ягідних та овочевих. Строк вживання – 4-6 місяців під контролем лікаря.

Також вивчався вплив інуліну на вуглеводний та ліпідний обмін у хворих на ЦД ІІ типу у Київському НДІ ендокринології і обміну речовин АМН України [288,289,290].

Серед захворювань ендокринної системи цукровий діабет займає ведуче місце. Досить сказати, що в Україні біля 7% населення хворіє на цукровий діабет. Більшість з них (90%) хворіє на так званий інсуліннезалежний ЦД, розвиток якого обумовлений відносною нестачею інсуліну в організмі. Цей діабет називається діабетом ІІ типу. Цією формою діабету хворіють люди старшого віку, після 40 років. Інсулінзалежний діабет, або діабет І типу, характеризується абсолютною недостатністю інсуліну в результаті падіння функції інсулярного апарату підшлункової залози.

Профілактика і лікування цих двох типів діабету, враховуючи різний патогенез їх формування, різні. При діабеті ІІ типу хороший терапевтичний ефект на довгий строк можна отримати тільки за допомогою дієти або ж дієти і пероральних цукрознижуючих засобів. При діабеті І типу обов'язкова терапія

інсуліном, хоча додержання дієти також є необхідною умовою досягнення компенсації захворювання. При цьому пероральні цукрознижуючі препарати абсолютно неефективні.

З метою компенсації вуглеводного обміну при діабеті II типу наряду з дієтою застосовуються цукрознижуючі сульфаніламід, бігуаніди, а нерідко і відвари різних трав, які мають цукрознижуючий ефект (арфазитин). Механізм дії цих препаратів обумовлений їх стимулюючою дією на функцію В-клітин підшлункової залози, підвищенням біологічної активності інсуліну на периферії та інсуліноподібною їх дією. При цьому побічний ефект від довгострокового застосування цих препаратів буває порівняно рідко. Разом з тим застосування цукрознижуючих пероральних препаратів не попереджує розвитку ускладнень ЦД – ангіопатій і нейропатій, так як вони не впливають на процеси обміну ліпідів. Тому до сьогоденного часу пошук нових препаратів, особливо рослинного походження, які б мали позитивний вплив не тільки на обмін глюкози, але й регулювали б другі види обміну, продовжується.

Важливість пошуків нових лікарських засобів, регулюючих ліпідний обмін, обумовлена тим, що основною причиною смерті хворих ЦД є судинна патологія. Як при діабеті I, так і II типу в процесі хвороби виникають судинні ускладнення, які супроводжуються порушенням функції нирок, ретинопатій, облітерацією судин нижніх кінцівок з настанням важких наслідків. Тому важливе місце в лікувальних міроприємствах при діабеті займають питання регуляції ліпідного обміну - основної причини формування судинних уражень.

Ми намагались дослідити вплив інсуліну, який відіграє важливу роль в обмінних процесах, на глюкозний і ліпідний обмін у хворих з інсуліннезалежним ЦД [291]. Оскільки діабет відноситься до захворювань обміну, інсулін може показувати позитивний ефект у цих хворих, беручи до уваги його вплив на метаболізм у здорових людей.

Було обстежено 25 хворих на цукровий діабет II типу віком від 45 до 65 років. Жінок було 11, чоловіків — 14. Середній строк захворювання складала



5,8±1,7 років, діабет легка форма спостерігалась у 8, середньої важкості форма - у 17 чоловік.

У 7 із 25 обслідуваних разом з діабетом був хронічний гепато-холецисто-панкреатит в стадії ремісії, а у 8 - протягом останніх 3-х років спостерігалась гіпертонічна хвороба. У всіх хворих в тому чи іншому ступені вираженості мали місце симптоми, характерні для ангіопатій и нейропатій (погіршення пам'яті, зору, загальна слабкість, холоду в області ступнів ніг, кульгавість, головні болі, знижена чуттєвість особливо на нижніх кінцівках, шум в голові і др.).

Цукровий діабет в стані компенсації на час обстеження був у 19, субкомпенсації - у 6 хворих.

Для компенсації діабету тільки дієтою користувались 6 хворих, дієтою і пероральними цукрознижуючими таблетками -16 і дієтою з відваром трав - 8 хворих.

Визначення вмісту глюкози в крові проводили ортотулоїдинозним методом, холестерин сироватки крові визначали ферментним методом і тригліцеридів - ферментним методом з використанням прибора рефлотрона.

Обстеження проводилось до лікування і після проведення курсу лікування інуліном із розрахунку 1 чайна ложка сухої речовини два рази на день. Сухий інулін розчиняли перед вживанням в 150-200 мл теплої води (до 70<sup>0</sup> С). Отримані дані були статистично оброблені.

Дослідження глікемії на тщесерце до і після проведення курсу лікування інуліном в амбулаторних умовах виявило його позитивну дію на рівень глюкози в крові. Так на фоні постійної терапії цукрознижуючими засобами і стабільної дієти рівень глюкози в крові після лікування знизився в середньому до 7,44 ммоль/л тоді як до лікування він складав 10,13±0,94 ммоль/л /P/0,05/.

Таким чином, інулін сприяє покращенню засвоєння глюкози у хворих ЦД інсуліннезалежної форми.

Рівень тригліцеридів в сироватці крові після проведення курсу лікування інуліном також помітно знижувався. Так якщо до лікування середній вміст

тригліцеридів в сироватці крові хворих діабетом складало  $2,41 \pm 0,18$  ммоль/л, то після прийому препарату середні показники знижувались до  $1,86 \pm 0,11$  ммоль/л, що достеменно нижче  $P/0,01$ . Однак у порівнянні з контролем рівень тригліцеридів оставався підвищеним як до, так і після прийому інуліну ( $1,05 \pm 0,16$  ммоль/л в контролі,  $P/0,01$  и  $P/0,05$  відповідно).

Цікаві дані були отримані при дослідженні холестерину в сироватці крові, основного фактору розвитку атеросклерозу при діабеті. Виявилось, що під впливом інуліну рівень сироваточного холестерину також знижувався і складав в середньому  $5,09 \pm 0,17$  ммоль/л, тоді як до лікування середні показники складали  $6,13 \pm 0,29$  ммоль/л ( $P/0,05$ ). У порівнянні з контролем, як і рівень тригліцеридів, вміст в сироватці холестерину у обстежених нами хворих продовжувало залишатися високим ( $4,07 \pm 0,13$  ммоль/л в контролі,  $P/0,01$  и  $P/0,001$  відповідно до і після лікування).

Таким чином, інулін сприяє зниженню рівня в сироватці крові при діабеті як тригліцеридів, так і холестерину. Так як розвиток атеросклерозу в більшості обумовлено високим вмістом в крові цих ліпідів, можна припустити, що інулін здатен запобігати розвитку атеросклеротичного процесу у хворих цукровим діабетом II типу.

Отримані нами дані дозволяють стверджувати, що інулін має цукрознижуючий ефект. Гіпоглікемічний ефект вірогідно заложений в здатності останнього покращувати метаболізм глюкози на рівні клітини. Не виключений також його вплив на біологічний ефект інсуліну, який при діабеті II типу, як відомо, значно знижується. Якщо при цьому зважити на те, що інулін, як і інсулін, має властивість виводити радіонукліди із організму, то найбільш прийнятним є власне перший механізм його впливу на глікемію.

Що стосується змін в ліпідному обміні, то отриманий ефект можна пояснити як покращенням метаболізму глюкози, так і покращенням обмінних процесів в печінці, яка є основним постачальником ліпідів в кров.

Завданням іншого дослідження було вивчення впливу інуліну на основні види обміну при ЦД тварин і людей. Вивчення впливу інуліну на

імунологічний статус і його радіопротекторні властивості, використовуючи цитогенетичні методи дослідження. Вивчення можливості застосування інуліну в клінічній практиці при лікуванні ЦД і виражених імунодефіцитних станів.

а) Характеристика піддослідних тварин.

В якості піддослідних тварин використані самці-щурі лінії Вістар, масою 120-160 грам.

Всі тварини утримувались в однакових умовах віварію, знаходились на стандартному раціоні.

Тварини дослідницької групи кожен день 1,2,3 місяці отримували інулін в дозі 0.5 г/кг живої ваги.

б) Характеристика контингенту обстежуваних хворих.

Обстежено 80 хворих на ЦД, які знаходились на стаціонарному і амбулаторному лікуванні.

В обстеженій виборці було 26 чоловіків і 56 жінок в віці від 25 до 65 років.

Інсулінзалежним діабетом (ІЗЦД) хворіло 18 хворих, інсуліннезалежним (ІНЗЦД) - 62 хворих.

Хворі, які знаходились на обстеженні, були жителями районів, що піддавалися дії радіоактивного опромінення після аварії на Чорнобильській АЕС.

Розподіл хворих в залежності від типу діабету проводилось на основі класифікації, запропонованій Комітетом експертів ВОЗ.

Хворі ІЗЦД отримували інсулін в дозі 50-100 ED на добу разом з дієтою. Хворі ІНЗЦД в якості цукрознижуючої терапії отримували сульфамідні препарати в поєднанні з бігуанідами.

Важкість захворювання визначалась видом цукрознижуючої терапії, дозою інсуліну, вираженістю судинних проявів, наявністю кетоацидоза, коматозних станів в анамнезі, лабільністю цукрового діабету, зниження імунокомпенсаторного потенціалу.

Більша частина хворих ІНЗЦД хворіла легкою и середньою формами цукрового діабету.

Стан компенсації вуглеводного обміну оцінювалась по показникам глікемії.

### ***Характеристика і показання до застосування інуліну.***

Медико-біологічні дослідження на експериментальних тваринах при довготривалому включенні в раціон харчування інуліну показали, що інулін може бути рекомендований в раціон хворих цукровим діабетом і особам з набутими імунодіфіцитами, а також як перспективне радіопротекторний засіб для осіб, проживаючих на забруднених територіях внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

Інулін - вуглеводно-мінеральний фітопрепарат, виготовлений із лікарської рослинної сировини. Як показали досліди на тваринах, не токсичний і може бути застосований як продукт харчування.

Після тривалого годування тварин інуліном відзначено зниження холестерину і тригліцеридів. У тварин з експериментальним діабетом були встановлені зміни в складі ліпопротеїдів, тригліцеридів, холестерину, різко знижувався рівень цукру в крові.

При дослідженні імунологічного статусу була встановлена здатність інуліну збільшувати резистентність клітинного імунітету. У тварин, яких годували інуліном протягом 6 місяців, було зафіксоване достовірне підвищення кількості Т-лімфоцитів, Т-супресорів и проценту супресії.

Отримані дані дозволили рекомендувати інулін в умовах іонізуючого опромінювання в результаті збільшення вмісту Т-супресорів, що подавляють активацію цитотоксичних Т-лімфоцитів по відношенню до антигенів. Цей ефект може бути опосередкований протеолітичними ферментами і їх інгібіторами. Однак ці дані потребують подальших досліджень.

На основі досліджень на тваринах були розроблені рекомендації для клінічного застосування оптимальних концентрацій активних форм інуліну для

застосування в якості добавок до раціону харчування хворих на цукровий діабет, з імунодефіцитом і осіб, що проживають в 30-км зоні.

Дослідження показали, що інулін може бути рекомендований до раціону цієї групи пацієнтів як лікувально-профілактичний засіб, як добавка до харчування.

Табл.6.1.

Стан вуглеводного обміну у пацієнтів хворих на ЦД (1-го та 2-го типу) до та після вживання ВМ інуліну.

Групи пацієнтів	Цукор в крові, ммоль/л	Цукор в сечі, г/л	Добова доза інсуліну, UD
Здорові, n=20	4,26±0,82	-	-
Діабетики (1-й тип) n=15 до прийому ВМІ	15,60±2,48	28,4±5,3	75
Діабетики (1-й тип) після 2-х місяців прийому ВМІ	9,35 ±0,94	12,5±3,8	55,0
Діабетики (2-й тип) до прийому ВМІ	10,56±2,15	24,1±4,6	Сульфамід
Діабетики (2-й тип) після 2-х місяців прийому ВМІ	6,25±1,14	-	Дієта + інулін

В процесі дослідження застосування інуліну в клініці встановлено, що у хворих ЦД, які одержували інулін (1-2 г після сніданку) на протязі стаціонарного лікування, знижується рівень цукру в крові табл.6.1, холестерину, загальних ліпідів, тригліцеридів та  $\beta$ -ліпопротеїдів табл.6.2., збільшується імунологічна резистентність.

Так у хворих ЦД 1-го типу з органічними ураженнями судин в стані декомпенсації вуглеводного обміну і відміченим пригніченням супресорної активності Т-лімфоцитів після комплексного лікування з введенням інуліну, відмічали активацію супресорної активності Т-лімфоцитів, збільшення

відносної кількості І-лімфоцитів. Вміст В-лімфоцитів не відрізнялося від контрольних величин.

Табл.6.2.

Ліпідний обмін хворих діабетом 1-го і 2-го типів до та після прийому ВМІ.

Групи пацієнтів	Холістерин, ммоль/л	Загальні ліпіди, г/л	Тригліцериди, ммоль/л	β-ліпопротеїди, г/л
Здорові люди n=10	5,16±0,84	5,52±1,24	0,94±0,26	3,96±0,86
Пацієнти з ЦД (1-й тип) n=20	15,86±2,34	9,82±1,76	2,98±0,86	7,61±1,95
Ті ж, після 2-х місяців прийому ВМІ	6,48±2,04	6,08±1,26	1,72±0,40	4,98±2,07
Пацієнти з ЦД (2-й тип) n=20	10,78±2,52	8,25±2,36	3,10±0,76	8,00±1,29
Ті ж, після 2-х місяців прийому ВМІ	6,28±0,18	4,89±1,26	1,58±0,42	4,28±1,06

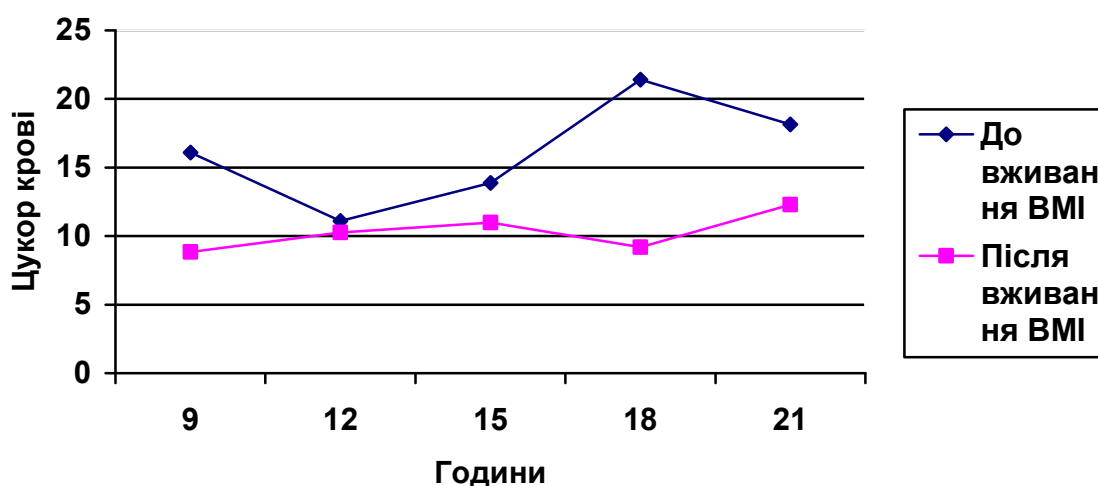


Рис.6.1. Рівень цукру в крові у хворих на діабет 2-го типу до та після вживання ВМ інуліну.

Найбільш виражені зміни такого характеру спостерігались після комплексного лікування з додаванням інуліну у хворих ЦД 2 типу рис.6.1.

Стосовно стану систем імунітету у цих хворих, то він не відрізнявся від аналогічного у хворих ЦД 1 типу. Супресорна активність Т-лімфоцитів вирівнювалась в більш короткий строк застосування.

Результати дослідження дії інуліну у хворих ЦД 1 и 2 типу протягом стаціонарного і амбулаторного лікування виявили його позитивну дію на вуглеводний обмін, ліпідний, мінеральний, імунологічний статус.

У таких хворих до закінчення лікування відзначено зниження маси тіла, підвищення імунозахисного потенціалу організму.

Важливо відзначити, що у хворих ЦД 1 типу значно знижувалась необхідність в високих дозах інсуліну.

Таким чином, отримані результати клінічного випробування інуліну у хворих ЦД 1 и 2 типу дають змогу зробити висновок, що інулін має високу біологічну активність і може бути використаний для лікувально-дієтичного харчування хворих ЦД 1 и 2 типу і імунодефіцитів, які виникли у хворих внаслідок дії малих доз радіації.

***Морфологічна характеристика стану внутрішніх органів та тканин експериментальних щурів, які отримували інулін.***

У піддослідних щурів, які отримували інулін, досліджувались стан підшлункової залози, печінки, нирки, шлунку, кишечника, надниркової залози, серця та щитовидної залози.

Даючи морфологічну характеристику внутрішніх органів і тканин щурів лінії Вістар, можна зробити наступний висновок: при систематичному введенні в раціон тварин інуліну, патологічних змін зі сторони піддослідних органів не відмічено.

Отримані результати дозволяють рекомендувати препарат для введення його в раціон харчування хворих.

## 6.2. Оцінка маркетингового потенціалу високомолекулярного інуліну.

В попередній главі було доведено, що високомолекулярні інуліни українського виробництва в повній мірі можуть використовуватися в якості інгредієнтів функціонального і лікувального харчування і мають наступні властивості:

- знижують рівень цукру , холестерину, тригліцеридів і фосфоліпідів крові;
- знижують фактори ризику серцево-судинних уражень;
- виявляють імуномодельючу дію;
- виявляють гепатопротекторну і антитоксинну дію;
- мають антикоагулянтні властивості;
- протидіють виникненню онкологічних захворювань;
- виводять із організму солі і радіонукліди;
- модифікують мікрофлору кишечника, сприяючи розвитку бактерій групи Біфідус і пригнічуючи розвиток патогенної мікрофлори;
- сприяють нормальному функціонуванню кишково-шлункового тракту.

Цілком очевидно, що найбільш доцільним буде використання високомолекулярних інулінів при практично усіх захворюваннях, пов'язаних із порушенням обміну речовин, захворюваннях кишечника, для профілактики онкозахворювань, очистки організму, зміцнення імунної системи і т.д.

Тому нижче наведемо оцінку маркетингового потенціалу інулінів та продуктів на їх основі. Для цього розроблені дієтичні добавки на основі високомолекулярних фруктанів розділимо на декілька груп:

- інуліни (инулін із цикорію, інулін із топінамбуру, інулін із оману, інулін із лопуха, інулін із скорцонери, інулін із часнику), що виготовляються за документацією ТУУ 19116716.002-98;
- концентрати інулінові ягідні, плодові і овочеві (вміст інуліну 75 %), що виготовляються за документацією ТУУ 19116716.003-98;



- біологічно активні добавки на основі інуліну “Фітоімперіал” (вміст інуліну 60%) з екстрактами та порошками лікарських та пряносмакових рослин, що виготовляються за документацією ТУУ 19116716.004-98;

- БАДи на основі інуліну направленої дії (вміст інуліну не менше 50%), що виготовляються за документацією ТУ У 15.8 – 19116716.005-2003 та ТУ У 15.8 35633283-001 2009, а саме:

- протидіабетичний продукт;
- продукт для профілактики артритів і артрозів;
- продукт для покращення обмінних процесів і покращення зору;
- продукт для покращення ліпідного та вуглеводного обмінів;
- продукт для покращення мінерального обміну;
- продукт для лікування ожиріння;
- продукт для лікування алкоголізму;
- продукт для лікування і профілактики сечокам’яної і жовчнокам’яної хвороб.

Середня ціна на інуліни, за умов великомасштабного виробництва, станом на 2018 рік, становить 130 гривень за 1 кг, середня ціна на концентрати інулінові становить 80 гривень, ціна на БАДи на основі інуліну становить 110 гривень/кг.

Що стосується добової дози інуліну, то нашими дослідженнями встановлено, що профілактична доза інуліну становить 1 г на добу, тоді як лікувальна доза в межах 3-5 г. Курс лікування 1-2 місяці. При необхідності курс потрібно повторити протягом року.

Маркетинговий потенціал визначали за формулою:

$$Q=N*q*P, \quad (13)$$

Де Q – загальний маркетинговий потенціал

q – споживання середнім покупцем

N – оптимізована кількість покупців

P – ціна за кілограм продукту

Оптимізована кількість покупців приймає до уваги даний рівень маркетингової активності і середовище за рахунок спеціальних коефіцієнтів.

Період калькуляції – 1 рік.

Всі спеціальні коефіцієнти були взяті як мінімально можливі і становили:

- коефіцієнт освідомленості є 25% пацієнтів із відповідним захворюванням (K1)
- коефіцієнт купівельної спроможності є 50% пацієнтів із відповідним захворюванням (K2)
- коефіцієнт доступності - 15% пацієнтів із відповідним захворюванням (K3)
- коефіцієнт комбінування захворювань у того ж пацієнта 75 % (K4)

За базову кількість хворих були взяті статистичні дані.

*Маркетинговий потенціал фруктаномістких продуктів для профілактики і лікування цукрового діабету.*

Як зауважувалося в попередніх главах діабет є захворюванням, що дуже швидко поширюється. Так очікується, що з 1995 до 2025 року кількість хворих на діабет 2-го типу зросте на 27% від 6 до 7,6% у розвинутих країнах і на 48% з 3,3 до 4,9 у країнах, що розвиваються.

Табл.6.3.

Маркетинговий потенціал високомолекулярного інуліну в Україні

(сегмент – хворі на цукровий діабет)

	Базова к-сть тис.чол	K1	K2	K3	K4	q, кг	P, Грн/ кг	Q, т	Q, тис. Грн.
Діабетики (лікування)	2730	0,25	0,5	0,15	0,75	0,6	130	675,7	87837,7
Діабетики (профілактика)	11650	0,25	0,5	0,15	0,75	0,06	130	288,3	37483,9

Так як Україна займає проміжне положення, то будемо вважати, що захворюваність на цукровий діабет становить на даний час 6 %, табл.6.3.

Таким чином, навіть із мінімальними коефіцієнтами річна потреба в інуліні в Україні для діабетиків становить майже 1000 тон.

***Маркетинговий потенціал фруктаномістких продуктів для профілактики і лікування ожиріння.***

Ожиріння є захворюванням, що дуже швидко поширюється в даний час і сягає розмірів епідемії. На даний час ця цифра становить 10-40 % дорослого населення світу. Для наших розрахунків візьмемо середнє значення 20 % загального населення України табл.6.4.

Табл. 6.4.

Маркетинговий потенціал високомолекулярного інуліну в Україні  
(сегмент – хворі на ожиріння )

Хворі	Базова к-сть тис. чол	K1	K2	K3	K4	q, кг	P, Грн/кг	Q, т	Q, тис.грн
Хворі на ожиріння	9100	0,25	0,5	0,15	0,75	0,3	130	1126,1	146396,2
Профілактика ожиріння	22250	0,25	0,5	0,15	0,75	0,2	130	1835,2	238631,2

Отже, встановлено, що річна потреба в високомолекулярному інуліні для лікування та профілактики ожиріння в Україні становить близько 3000 тон.

***Маркетинговий потенціал фруктаномістких продуктів для профілактики і лікування ішемічної хвороби серця.***

Наскільки перспективним є застосування інуліну для профілактики серцево-судинних захворювань і зокрема ІХС, свідчить той факт, що скорочення рівня холестерину в крові дорослих людей на 10% знижує

смертність від ІХС на 10-25%. До факторів ризику цієї хвороби належать також рівні тригліцеридів і фосфоліпідів.

В табл.6.5. наведений вплив інуліну на ліпідний склад крові пацієнтів різних груп після щоденного вживання 5 г інуліну на протязі 1 місяця (в процентах до того, що було до лікування).

Із таблиці очевидно, що зниження рівня холестерину становить майже на 20%, тригліцеридів на 21%, фосфоліпідів на 15 % і т.д.

В розрахунках приймалася до уваги не смертність, а захворюваність на ІХС табл..6.6.

Табл.6.5.

Вплив інуліну на ліпідний склад крові пацієнтів різних груп після щоденного вживання 5 г інуліну протягом 1 місяця (в процентах до того, що було до лікування).

	I	II	III	IV	Середнє
Холестерин	79.2	80.8	86.4	77.0	80.9
Тригліцериди	82.1	79.3	74.4	79.2	78.8
Фосфоліпіди	92.9	89.6	74.1	85.8	85.6
β-ліпопротеїни	93.8	95.8	91.9	92.0	93.4
Холестерин ЛПВГ	82.5	83.0	79.0	82.6	81.8
Середнє	86.1	85.7	81.2	83.3	

Таким чином, проведена оцінка маркетингового потенціалу високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі лише для трьох захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, при яких дія ВМФ найбільш точно встановлена, показала, що річна потреба в Україні становить близько 5000 тон на рік.

Табл. 6.6.

Маркетинговий потенціал високомолекулярного інуліну в Україні  
(сегмент – хворі на ІХС)

Хворі	Базова к-сть пацієнтів тис.чол	K1	K2	K3	K4	q, кг	P, Грн/ кг	Q, т	Q, тис. Грн
Профілак- тика	35000	0,25	0,5	0,15	0,75	0,03	130	433,1	56306,2
Хворі на ІХС (лікування)	9500	0,25	0,5	0,15	0,75	0,15	130	587,8	76415,6

### 6.3. Промислові випробування

Нами проведені промислові випробування технології по виробництву високомолекулярного інуліну на базі плодоконсервного заводу, с.Сунки, Смілянського р-ну, Черкаської обл. З цією метою була змонтована технологічна лінія, яка складається з:

- приймальний бункер;
- мийка;
- подрібнювач - диспергатор;
- фільтруюча центрифуга;
- ємкість для охолодження та осадження;
- відстійна центрифуга;
- сушка.

Технологічний процес здійснювався слідуочим способом:

Свіжозібрану сировину (корені цикорію, скорцонери, кульбаби лікарської, лопуха дикоростучого, оману, або бульби топінамбура) відмивали у барабанній миєчній машині, подрібнювали у подрібнювачі-диспергаторі шнекової дії до стану кашки і відділяли сік за допомогою пак-преса. Одержаний сік освітляли на осаджуючій центрифугі, розливали в 40-ка літрові ємності. Ємності поміщали у холодильну камеру при  $+5^{\circ}\text{C}$  і охолоджували. Витримували до повного осадження ВМ інуліну, осад відділяли на осаджуючій центрифугі періодичної дії. Висушували у тунельній сушильній камері на піддонах з нержавіючої сталі при температурі не вищій  $+50^{\circ}\text{C}$ .

В результаті проведених випробувань встановлено наступне. Змонтована лінія потужністю 5 тон сировини на добу показала технологічну і експлуатаційну придатність для отримання якісного інуліну із:

- Кульбаби лікарської [Додаток Б]. Перероблено 150 кг коренів, отримано 11,3 кг ВМ інуліну, вихід кінцевого продукту склав 9,8% по масі сировини, при вологості 6%, зольності 0,17%. Вміст інуліну у готовому продукті 95,6%.
- Топінамбуру. Перероблено 1500 кг бульб, отримано 45 кг ВМ інуліну, вихід кінцевого продукту склав 9,8% по масі сировини, при вологості 6%, зольності 0,17%. Вміст інуліну у готовому продукті 95,5%.
- Оману (дев'ясилу). Перероблено 50 кг коренів, отримано 3 кг ВМ інуліну, вихід кінцевого продукту склав 6% по масі сировини, при вологості 6%, зольності 0,19%. Вміст інуліну у готовому продукті 94,4%.
- Лопуха великого. Перероблено 100 кг коренів, отримано 4,2 кг ВМ інуліну, вихід кінцевого продукту склав 4,2% по масі сировини, при вологості 6%, зольності 0,20%. Вміст інуліну у готовому продукті 93,4%.
- Цикорію. Перероблено 500 кг коренів, отримано 51 кг ВМ інуліну, вихід кінцевого продукту склав 10,2% по масі сировини, при вологості 6%, зольності 0,17%. Вміст інуліну у готовому продукті 95,5%.

- Скорцонери. Перероблено 100 кг коренів, отримано 10,4 кг ВМ інуліну, вихід кінцевого продукту склав 10,4% по масі сировини, при вологості 6%, зольності 0,17%. Вміст інуліну у готовому продукті 96,4%.

Розроблена технологія одержання високомолекулярного інуліну була випробувана на 2-му ім. Петровського цукрозаводі. Апаратурно-технологічна схема лінії з виробничою потужністю 5 т/год по сировині, представлена на рис.6.2.

Згідно неї, інулінвмісна сировина, автомобільним транспортом, по естакаді 1, подається в прийомний бункер 2, який розрахований на п'ять годин роботи цеху. Із бункера 2, грабельним транспортером 3, сировина подається у миєчну машину коритного типу 4. Відмивання коренів чи бульб проводиться у протитоці вода-сировина. У мийку передбачено подачу гарячої води для підігріву сировини, в разі виникнення потреби збільшення виходу соку при пресуванні. Переміщення сировини у мийці проходить за рахунок шнекоподібного розміщення лап на валу машини. Із миєчної машини відмиті корені чи бульби інулінвмісткої сировини, шнеком 5 подається в пальцевий подрібнювач відцентрової дії 6. Після подрібнювача, одержана кашка пакується в мішковину в пак-пресі періодичної дії 7. На лінії змонтовано два преса виробничою потужністю 5 тон сировини на годину кожний. Після закінчення циклу пресування, одержаний жмих стрічковим транспортером 8, може бути виведений із цеху і відправлений на корм худобі, або якщо вміст високомолекулярного інуліну в ньому все ще високий ( $\geq 10\%$  по масі жмиха), то його направляють на подальшу переробку в екстрактор 17а, у якому проходить повне висолоджування жмиха гарячою водою та фільтратом після відмивки осаду інуліну.

Одержаний екстракт з'єднують із соком перед фільтруванням. Сік після пресування самотоком поступає у збірник 9, в якому за необхідності може

бути оброблений гострим паром для коагуляції речовин білкової природи та зменшення його в'язкості. Із збірника 9 насосом 10, сік подається на фільтр-

прес 11. Фільтрація відбувається на матеріалі фільтр-діагональ. Для забезпечення безперервності роботи, змонтовано три таких преса, з загальною площею фільтрації  $300\text{м}^2$ . Фільтрований сік самотоком поступає в мішалки-кристалізатори 12, яких змонтовано дві, загальною ємкістю  $50\text{м}^3$ . Кристалізатори обладнані мішалками та замкненим охолоджувальним контуром. Охолодження проходить у теплообміннику 13, охолоджувальний агент – аміак.

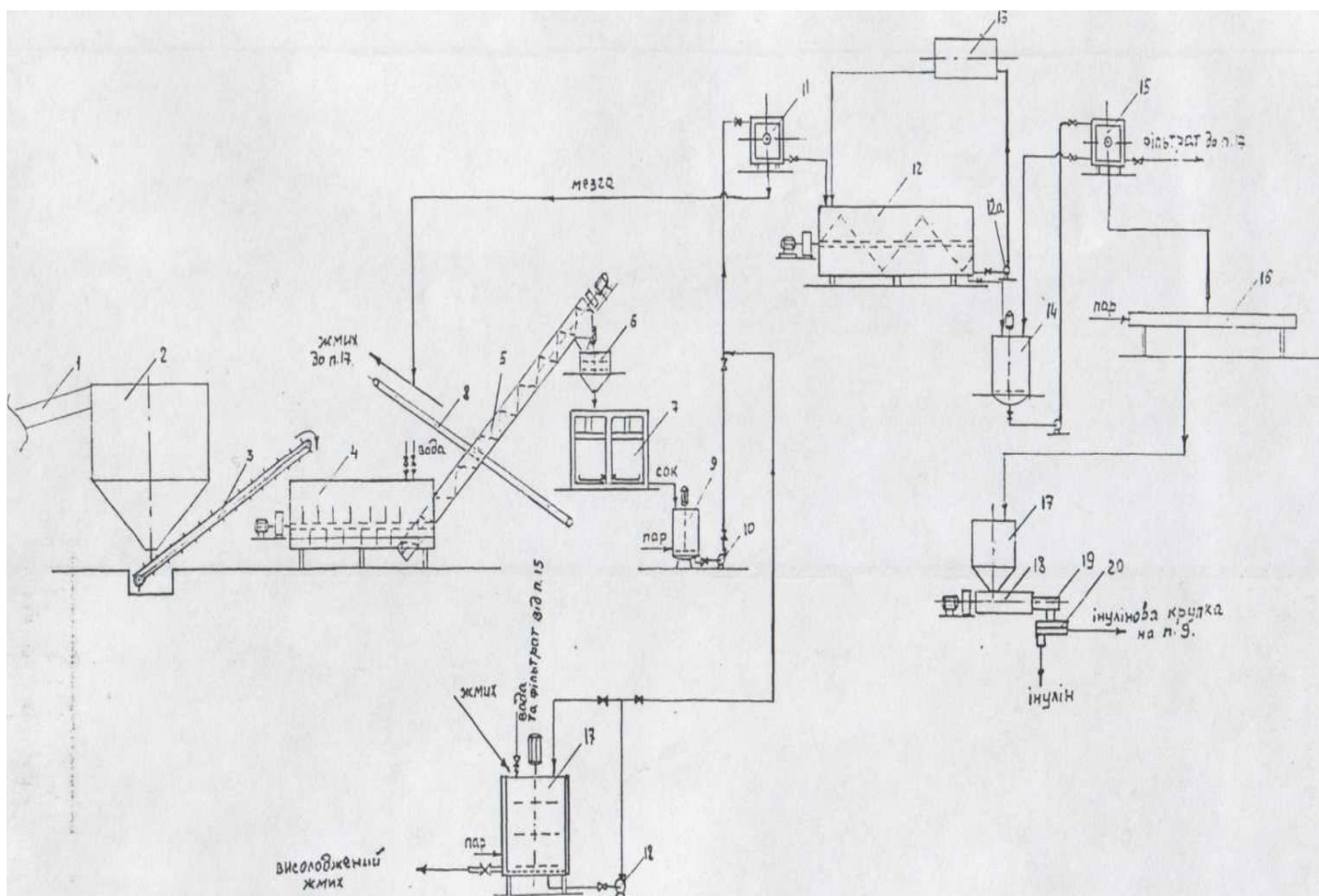


Рис 6.2. Апаратурно-технологічна схема виробництва інюліну.

Де 1 - автомобільна естакада; 2 - прийомний бункер сировини; 3 - грабельний транспортер; 4- миєчна машина коритного типу; 5 – шнек подачі сировини на подрібнення; 6 - пальцевий подрібнювач відцентрової дії; 7 - пак-прес періодичної дії; 8 - стрічковим транспортером виведення жмиха із цеху; 9 - збірника соку; 10 - насос подачі соку на фільтр-прес; 11 - фільтр-прес; 12 - мішалки-кристалізатори; 13 - охолоджувальний теплообмінник; 14 – ємності-



мішалки; 15 - фільтр-прес; 16 - сушильний стіл; 17 - прийомний бункер; 17а - екстрактор для висолоджування жмиха; 18 - подрібнювачем грубого помолу; 19 - подрібнювачем дрібного помолу; 20 – класифікаційні сита.

Охолоджений до 5°C сік, видержують у кристалізаторах до повного осадження інуліну. Одержана суспензія самотоком поступає в мішалки 14, яких змонтовано шість, по 2м<sup>3</sup> кожна, де осад інуліну промивається 3-5-ти кратною кількістю льодяної води. Промитий осад фільтрують на фільтр-пресі 15. Для запобігання втрат інуліну, спочатку намивають шар осаду на фільтруючому матеріалі (фільтр працює в режимі сам на себе), після досягнення надлишкового тиску фільтрації 0,5 ата починають відбирати фільтрат, який направляють на висолоджування жмиха в екстрактор 17а. Закінчують фільтрування після досягнення надлишкового тиску 2,5 ата. Фільтр-прес 15 виконаний із нержавіючої сталі для запобігання окислення та зниження якості готового продукту. Одержаний корж інуліну, переносять на сушильний стіл 16. Він представляє собою плиту, площею 5м<sup>2</sup>, обладнану паровою сорочкою. Коржі інуліну рівномірно розміщують на поверхні, шаром з товщиною не більше 1-го см. Висушування ведеться при температурі 40-60°C до вологості готового продукту 10-12 СР.

Висушений продукт із вологістю 10-12 СР, поступає в прийомний бункер 17 перед подрібнювачем грубого помолу 18, далі на подрібнювач дрібного помолу 19, класифікують на ситах 20 та пакують у мішки із крафт-паперу по 25 кг. Відсів інуліну направляють у прийомник соку 9, де його розчиняють водою до СР ≈ 20 і змішують одержаний розчин з основним потоком.

Всі трубопроводи лінії, а також обладнання для кристалізації та висушування інуліну виконані із нержавіючої сталі.

Випробування та експлуатація лінії [Додаток В] показали, що вона дозволяє переробляти будь-яку інулінвмістну сировину (бульби топінамбура, корені цикорію, кульбаби, лопуха і т.п.) із середнім виходом високомолекулярного інуліну 80% від його початкового вмісту в сировині. За

якісними показниками одержуваний інулін відповідає вимогам Українського НТД: ТУУ 19116716.001.97

Масова частка інуліну:	- 91,1 ± 3%;
Масова частка вологи:	- 6,4 ± 0,5%;
Масова частка золи:	- 1,75 ± 0,1%;

Вміст токсичних елементів, мг/кг: свинець: 0,01, кадмій - 0,001, миш'як - 0,002, ртуть - 0,001, мідь - 1,5, цинк - 2,6.

Аналіз даних по затратах на виробництво товарної продукції із одного кілограма високомолекулярного інуліну в умовах 2-го ім.Петровського цукрозаводу наведено у табл.6.7. [292].

Табл.6.7.

Аналіз структури затрат на виробництво по елементах .

Елементи затрат	Фактичний об'єм, грн.
1. Сировина і матеріали (топінамбур, цикорій та ін.) без відходів	27
2. Загальні господарські затрати	5,4
3. Загальні виробничі затрати	2,7
4. Заробітна плата основна і додаткова з відрахуваннями	6
5. Паливо та енергія	39
<b>Собівартість 1-го кг ВМ інуліну</b>	<b>26,7</b>
6. Покупні комплектуючі вироби (капсули, пакувальні матеріали (банки, етикетки)).	80,1
<b>Загальна виробнича собівартість</b>	<b>138</b>
Невиробничі затрати	3
<b>Загальна собівартість</b>	<b>141</b>

Процентне співвідношення затрат на виробництво одного кілограма високомолекулярного інуліну наведено на рис.6.3.

Таким чином, при добавленій вартості в розмірі 30% від загальної собівартості продукції, відпускна ціна заводу становитиме:  $141 + 141 \cdot 30 : 100 = 183,3$  грн, а прибуток від реалізації становитиме  $(183,3 - 141) - (183,3 - 141) \cdot 30 : 100 = 29,61$  грн на 1 кг виробленої готової продукції.

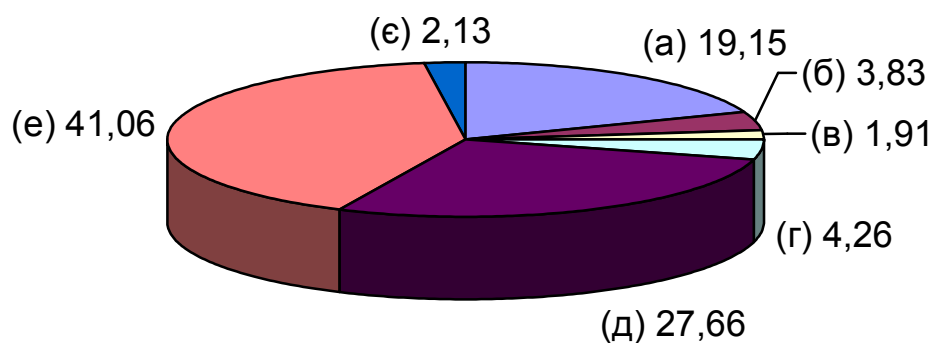


Рис. 6.3. Структура затрат на виробництво товарної продукції, %.

Де (а) - сировина і матеріали (топінамбур, цикорій та ін.) без відходів;

(б) – загальні господарські затрати;

(в) – загальні виробничі затрати;

(г) - заробітна плата основна і додаткова з відрахуваннями;

(д) - паливо та енергія;

(е) - покупні комплектуючі вироби (капсули, пакувальні матеріали (банки, етикетки));

(е) – невиробничі затрати.

#### 6.4. Впровадження дістичних добавок на основі ВМФ.

Розроблені технології одержання високомолекулярного фруктанів та ДД на їх основі, впроваджені та використовуються ТОВ «НВП Інулан, лтд» [Додаток Г] для виготовлення:

Згідно ТУУ 19116716.001-97 «Фітодіабетін» (інулін харчовий) із клубнів топінамбура, та згідно ТУУ 19116716.002-98 «Інулін рослинний харчовий»;

Згідно ТУУ 19116716.003-98 - концентрати інулінові ягідні, плодові (з соками обліпихи, калини, агруса, смородини, чорниці, черноплідної горобини, вишні, сливи, абрикоса, малини, кизила, яблук, бузини) та овочеві (з соками селери, петрушки, буряка червоного, пастернаку, гарбуза, моркви, кабачка, капусти);

Згідно ТУУ 19116716.003-98 «Біологічно активні харчові добавки «ФІТОІМПЕРІАЛ» на основі інуліну з добавкою екстрактів шипшини, календули, солодки голої, кропиви, м'яти, меліси, липи, лепехи, глоду;

Згідно ТУ У 15.8 19116716 005. 2003 та ТУ У 15.8 35633283-001 2009 «Добавки дієтичні на основі інуліну»: «Інулан» (інулін ССП $\geq$ 35), «Момордилін» (ВМФ з плодами момордики), «Пасифлорін» ( ВМФ з листям пасифлори), «Тібетський зцілювач» (ВМФ з листям мурайї), «Гіностемін» (ВМФ з листям гіностеми).

На ці продукти одержано гігієнічні висновки державної санітарно-гігієнічної експертизи на вітчизняну продукцію за № 5.08.07/890 від 02.04.1998 року.

Економічний ефект від випуску продукції складає:

Для інулінів згідно ТУУ 19116716.001-97 «Фітодіабетін» (інулін харчовий) із клубнів топінамбуру, та ТУУ 19116716.002-98 «Інулін рослинний харчовий» - 29 грн на 1 кг продукта;

Для концентратів інулінових ягідних, плодових та овочевих згідно ТУУ 19116716.003-98 - 25 грн на 1 кг продукта;

Для біологічно активних харчових добавок «ФІТОІМПЕРІАЛ» на основі інуліну згідно ТУУ 19116716.003-98 - 31 грн на 1 кг продукта.

Крім цього, ПП «Апіпродукт» використовує інулін рослинний харчовий [Додаток Д] згідно ТУУ 19116716.002-98 «Інулін рослинний харчовий» для виробництва біологічно-активної харчової добавки «Зелені манни», за ТУ У

30180024.005-2000 «Біологічно активна добавка - пилок квітковий збагачений».

Вміст інуліну в біологічно - активній харчовій добавці складає 25 % від загальної маси діючих речовин. Продукція випускається у вигляді капсул по 0,5 г. На продукцію одержано гігієнічний висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи на вітчизняну продукцію за № 5.08.07/3960 від 21.09.2000 року.

### **Висновки**

1. Інουλін має помірно виражений гіпоглікемізуючий ефект і може застосовуватись для хворих на цукровий діабет як цукрознижуючий засіб.

2. Інουλін сприяє зниженню в крові хворих на діабет II типу рівня холестерину і тригліцеридів, що дозволяє його рекомендувати в якості профілактичного засобу для попередження судинних уражень при інсуліннезалежному діабеті.

3. Отримані результати клінічного випробування інуліну у хворих ЦД 1 и 2 типу дають змогу зробити висновок, що інулін має високу біологічну активність і може бути використаний для лікувально-дієтичного харчування хворих ЦД 1 и 2 типу і імунodefіцитів, які виникли у хворих внаслідок дії малих доз радіації.

4. Встановлено, що після трьохмісячного прийому ВМ інуліну паталогічні зміни в основних органах живого організму були відсутні. Таким чином можна стверджувати, що ВМІ є біологічно безпечним продуктом харчування.

5. Проведена оцінка маркетингового потенціалу високомолекулярного інуліну лише для трьох захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, при яких дія високомолекулярного інуліну найбільш точно встановлена, показала, що річна потреба в Україні становить близько 5000 тон на рік.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. На підставі аналізу науково-технічної і патентно-інформаційної літератури показано, що отримання високомолекулярного інуліну з рослин-інуліноносіїв та створення на його основі дієтичних добавок є перспективним профілактичним засобом для попередження судинних уражень людини.

2. Вперше розроблено технологію одержання високомолекулярного інуліну, що забезпечує його якість та збереження природної просторової будови, яка базується на певних параметрах температури, умов фракціонування сировини, осадження полімеру та концентрації іонів водню в соках та екстрактах. Методом математичного моделювання встановлено, що оптимальними параметрами виходу ВМІ при максимальному значенні узагальненого критерію  $F(x)=0,253$  будуть: концентрація етанолу 16,75% і час осадження 0,5 год. При цьому інтегральний вихід ВМІ складе 1,083.

3. Встановлено, що різні інуліни із середнім ступенем полімеризації (від СП5 до СП>50) мають різні фізико-хімічні властивості, що дало можливість, в залежності від фізико-хімічних властивостей, вперше розбити їх класифікацію і дати їм такі назви: СП5-15 – інулід; СП15-35 – інулін; СП>35 – інулан.

4. Вперше розроблена оптимальна модель просторової будови молекули ВМІ методом комп'ютерного моделювання дала можливість встановити, що різні форми фруктанів, відомі під назвами  $\alpha$ -,  $\beta$ -, та  $\gamma$ -інулін, відрізняються за своїми фізико-хімічними та біологічними властивостями в залежності від просторової будови молекули ВМІ.

5. Проведені дослідження способів отримання інуліну дозволили встановити, що виділення інуліну із СП>45, при максимально можливому збереженні його природних властивостей, можливе за умов комбінованої схеми виробництва (пресування–екстракція).

6. Доведено, що скорцонера та лопух повною мірою можуть вважатися на ряду із цикорієм і топінамбуром технічними культурами-інуліноносіями для одержання інулінів з високими ступенем полімеризації та біологічною активністю. Кульбаба та оман (дев'ясил) можуть мати застосування в якості сировини для одержання інулінів специфічної дії (підвищений вміст гумуючих та клейких речовин у кульбаби, середній СП=40 та максимальний СП=65–75 у оману).

7. Встановлено, що максимальний термін зберігання фруктанвмісної сировини до початку переробки не повинен перевищувати 7 діб у зв'язку з тим, що захисні функції всіх рослин-інуліноносіїв базуються на енергії, яка втрачається при зберіганні внаслідок гідролізу інуліну – основного енергоносія коренів та бульб. Показано, що навіть при зберіганні протягом 2–3 днів вже відбувається часткова деструкція ВМІ, збільшення в сировині концентрації моно- та дицукрів, а це приводить до кількісних та якісних втрат інуліну.

8. В результаті теоретичних, експериментальних та промислових досліджень вперше розроблена технологія високомолекулярного інуліну із рослинної сировини, яка дозволяє виробляти його з високим виходом (8–12%) і збереженням природних властивостей. Вперше за розробленою технологією одержано високомолекулярний інулін із середнім ступенем полімеризації, вищим ніж 35 од. (цей показник коливається в межах 29–40 од.).

9. Розроблені технології утилізації відходів інулінового виробництва шляхом їх використання у якості сировини для одержання дієтичного кавового напою, фруктозних сиропів та експресного меду дають можливість переробляти фруктанвмісну сировину без відходів. При цьому експресний мед, одержаний із фільтрату інулінового виробництва, може бути цукрозамінником для хворих на цукровий діабет.

10. Встановлено, що розроблені дієтичні добавки (ВМІ) мають помірно виражений гіпоглікемізуючий ефект і можуть застосовуватись як цукрознижуючий засіб, а також сприяють зниженню в крові хворих на діабет II типу рівня холестерину і тригліцеридів, що дозволяє їх рекомендувати в якості

профілактичного засобу для попередження судинних уражень при інсулінонезалежному діабеті. Також встановлено, що після тримісячного прийому ВМІ паталогічні зміни в основних органах організму піддослідних щурів були відсутні. Таким чином, можна стверджувати, що одержані дієтичні добавки є нетоксичними харчовими продуктами.

11. Розроблена технологія високомолекулярного інуліну випробувана на базі консервного заводу (с. Сунки, Черкаської обл.), на 2-му цукровому заводі ім. Петровського (сmt. Олександрівка, Кіровоградська обл.) змонтована і запущена в експлуатацію лінія по виробництву високомолекулярного інуліну, виробничою потужністю 10 т сировини на годину. За розробленою технологією МП ТОВ «Інулін, лтд» та ТОВ «НВП Інулан, лтд» налагоджене виробництво дієтичних добавок на основі високомолекулярних фруктанів із скорцонери, кульбаби, оману, лопуха, цикорію, часнику та топінамбуру.

12. Розроблено і затверджено нормативну документацію на дієтичні добавки (ТУУ 19116716.001-97 «Фітодіабетін» (інулін харчовий)), ТУУ 19116716.002-98 «Інулін рослинний харчовий», ТУУ 19116716.003-98 «Концентрати інулінові ягідні, плодові», ТУУ 19116716.003-98 «Біологічно активні харчові добавки «ФІТОІМПЕРІАЛ» на основі інуліну», ТУУ 15.8-19116716-005-2003 та ТУУ 15.8-35633283-001-2009 «Добавки дієтичні на основі інуліну».



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://globenewswire.com/news-release/2018/04/12/1469339/0/en/Global-Dietary-Supplements-Market-Size-Will-Grow-USD-220-3-Billion-by-2022.html>
2. <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-dietary-supplements-market>
3. <https://www.inkwoodresearch.com/reports/inulin-market/>
4. A.Frank. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition* (2002) 87, Suppl. 2. H.287-291.
5. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/inulin-market>
6. <https://www.inspiredbyinulin.com/inulin/product-range.html>
7. <https://www.beneo.com/ingredients/human-nutrition/functional-fibres/inulin>
8. <https://www.cosucra.com>
9. Cherbut, C., 2002. Inulin and Oligofructose in the dietary fibre concept. *British journal of Nutrition* 87(2): S159-S162.
10. Могильный М.П. Современные направления использования пищевых волокон в качестве функциональных ингредиентов // *Пищевые технологии*. 2013.
11. Гріненко І.Г. Інулін інгредієнт функціонального та лікувального харчування // Кн. Київ, ТОВ «Видавництво «Знання України», 2003, 108 с.
12. Slavin J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. *Nutrients* 2013, 5(4), p.1417-1435.
13. Howlett J., Betteridge V. and other. The definition of dietary fiber – discussions at the Ninth Vahouny Fiber Symposium: building scientific agreement. *Nutrients*. 2013 Apr; 5(4): 1417–1435.
14. M. Nyman. Fermentation and bulking capacity of indigestible carbohydrates: the case of inulin and oligofructose. *British journal of Nutrition*. Volume 87, Issue S2 . May 2002 , pp. S163-S168

15. Olesen M, Gudmand-Hoyer E. Efficacy, safety, and tolerability of fructooligosaccharides in the treatment of irritable bowel syndrome. *Am J Clin Nutr* 2000;72:1570-1575.
16. Ramirez-Farias C, Slezak K, Fuller Z, et al. Effect of inulin on the human gut microbiota: stimulation of *Bifidobacterium adolescentis* and *Faecalibacterium prausnitzii*. *Br J Nutr* 2008 Jul 1:1-10.
17. Menne E, Guggenbuhl N, Roberfroid M. Fn-type chicory inulin hydrolysate has a prebiotic effect in humans. *J Nutr* 2000;130:1197-1199.
18. Rao VA. The prebiotic properties of oligofructose at low intake levels. *Nutr Res* 2001;21:843-848.
19. B. Wilson, K. Whelan. Prebiotic inulin-type fructans and galacto-oligosaccharides: definition, specificity, function and application gastrointestinal disorders. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. Volume 32, Issue S1
20. Vandeputte D, Falony G. Prebiotic inulin-type fructans induce specific changes in the human gut microbiota. *Gut*. 2017 Nov;66(11):1968-1974
21. Jedrzejczak-Krzepkowska M, Bielecki S. Bifidobacteria and inulin-type fructans which stimulate their growth. *Postepy Biochem*. 2011;57(4):392-400.
22. S.Kolida, K. Tuchy, G.Gibson. Prebiotic effect of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*. Vol.87 suppl.2., May 2002.p.193-197.
23. Van de Wiele T<sup>1</sup>, Boon N, Possemiers S, Jacobs H, Verstraete W. Inulin-type fructans of longer degree of polymerization exert more pronounced *in vitro* prebiotic effects. *J Appl Microbiol*. 2007 Feb;102(2):452-60.
24. Biedrzycka E, Bielecka M. 2004. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. *Trends Food Sci Tech* 15:170-175
25. Ito H, Takemura N etc., Degree of polymerization of inulin-type fructans differentially affects number of lactic acid bacteria, intestinal immune functions, and immunoglobulin A secretion in the rat cecum. *J Agric Food Chem*. 2011 May 25;59(10):5771-8

26. Kyu-Ho Han, Yuka Kobayashi etc. Comparison of the Effects of Longer Chain Inulins with Different Degrees of Polymerization on Colonic Fermentation in a Mixed Culture of Swine Fecal Bacteria *J Nutr Sci Vitaminol* 60, 206–212, 2014
27. J. Juśkiewicz, Z. Zduńczyk, M. Wróblewska. The effect of the administration of cellulose and fructans with different degree of polymerization to rats on caecal fermentation and biochemical indicators in the serum. *Czech J. Anim. Sci.*, 50, 2005 (6): 273–280
28. М.Д. Ардатская Метаболические эффекты пищевых волокон. Пути использования в медицине. *Сучасна гастроентерологія*. №3 (53). 2010. С.100-112.
29. Markov D., Romantsova N. *Exper. J. Clin. Nevrol.*, Izdat-vo Akad. Nauk Beloruss. S.S.R. 1953. 83-92 с.
30. Drozd NN, Torlopov MA, Kuzhim AA, Makarov VA. Dependence of the anticoagulant activity of starch and inulin on their degree of sulfonation. *Eksp Klin Farmakol*. 2012;75(6):31-45.
31. P. Dehghan etc. Effects of High Performance Inulin Supplementation on Glycemic Status and Lipid Profile in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized, Placebo-Controlled Clinical Trial. *Health Promotion Perspectives*, 2013, 3(1), 55-63
32. L. Causey etc., Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. *Nutrition Research*. 20(2). 2000. P. 191-201
33. W. Williams. Effects of Inulin on Lipid Parameters in Humans. *Journal of Nutrition* 129(7 Suppl):1471S-3S · August 1999
34. Williams CM<sup>1</sup>, Jackson KG Inulin and oligofructose: effects on lipid metabolism from human studies. *Br J Nutr*. 2002 May;87 Suppl 2:S261-4
35. Balcazar-Munoz BR, Martinez-Abundis E, Gonzalez-Ortiz M. Effect of oral inulin administration on lipid profile and insulin sensitivity in dyslipidemic obese subjects. *Rev. Med. Chile* 131,597–604 (2003).

36. de Luis DA, de la Fuente B, Izaola O et al. Randomized clinical trial with a inulin enriched cookie on risk cardiovascular factor in obese patients. [Article in Spanish] *Nutr. Hosp.*25,53–59 (2010).
37. Letexier D, Diraison F, Beylot M. Addition of inulin to a moderately high-carbohydrate diet reduces hepatic lipogenesis and plasma triacylglycerol concentrations in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*77,559–564 (2003).
38. Bonsu NKA, Johnson S. Effects of inulin fibre supplementation on serum glucose and lipid concentration in patients with type 2 diabetes. *Int J Diabetes & Metabolism* 2012;20(3):80-6.
39. Forcheron F, Beylo M. Long-term administration of inulin-type fructans has no significant lipid-lowering effect in normolipidemic humans. *Metab Clin Exp* 2007;56:1093–8
40. Schneeman B.O., Fiber, inulin and oligofructose: similarities and differences. *J. Nutr.*, 1999, 29, 1424S–1427S.
41. <https://virgo.org.ua/index.php/diabet/2737-roslinni-tsukroznizhuvalni-zasobi>
42. Волошин О.І., Глубоченко О.В., Буковинський. Сучасні аспекти фітотерапії цукрового діабету. *Международный эндокринологический журнал* 5 (29) 2010 <http://www.mif-ua.com/archive/article/13298>
43. Беляков К.В. Фитотерапия сахарного диабета // *Consilium privisorum*. — 2007. — № 6(50). — С. 26-27
44. Luo J, Yperselle MV, Rizkalla SW, Rossi F, Bornet FRJ, Slama G. Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharides does not affect basal hepatic glucose production or insulin resistance in type 2 diabetics. *J Nutr.*2000;130:1572–7.
45. Han KH, Tsuchihira H, Nakamura Y, Shimada KI, Ohba K, Aritsuka T, et al. Inulin-type fructans with different degrees of polymerization improve lipid metabolism but not glucose metabolism in rats fed a high-fat diet under energy restriction.

46. Bonsu NK, Johnson CS, McLeod KM. Can dietary fructans lower serum glucose? *J Diabetes* 2011; 3: 58–66.
47. Kaleab Baye etc. The unresolved role of dietary fibers on mineral absorption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* . Volume 57, 2017 - Issue 5. 949S-957S
48. M.Torre, A.R.Rodrigues & F. Saura-Calixto. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* Volume 30, 1991 - Issue 1 . 1S-22S.
49. Ahrens, S.K.E., & Schrezenmeir ,J. (2002).Inulin, oligofructose and mineral metabolism-experimental data and mechanism. *British Journal of Nutrition*,87,S179–S186
50. Scholz-Ahrens KE, Schrezenmeir J. Inulin and oligofructose and mineral metabolism: the evidence from animal trials. *J Nutr*. 2007 Nov;137(11 Suppl):2513S-2523S.
51. M. Azorín-Ortuño, C. Urbán. Effect of low inulin doses with different polymerisation degree on lipid metabolism, mineral absorption, and intestinal microbiota in rats with fat-supplemented diet. *Food Chemistry* Volume 113, Issue 4, 15 April 2009, Pages 1058-1065.
52. Raschka L, Daniel H. Mechanisms underlying the effects of inulin-type fructans on calcium absorption in the large intestine of rats. *Bone*. 2005 Nov;37(5):728-35. Epub 2005 Aug 29.
53. M. Azorín-Ortuño, C. Urbán. Effect of low inulin doses with different polymerisation degree on lipid metabolism, mineral absorption, and intestinal microbiota in rats with fat-supplemented diet. *Food Chemistry* Volume 113, Issue 4, 15 April 2009, Pages 1058-1065.
54. W. Samolińska, E. R. Grela. Comparative Effects of Inulin with Different Polymerization Degrees on Growth Performance, Blood Trace Minerals, and Erythrocyte Indices in Growing-Finishing Pigs *Biological Trace Element Research*. March 2017, Volume 176, Issue 1, pp 130–142.

55. C. Coudray, J.C. Tressol, E. Gueux, Y. Rayssiguier, Effects of inulin-type fructans of different chain length and type of branching on intestinal absorption and balance of calcium and magnesium in rats, *European journal of nutrition*, 42 (2003) 91-98.
56. Di Bartolomeo F<sup>1</sup>, Van den Ende W. Fructose and Fructans: Opposite Effects on Health? *Plant Foods Hum Nutr.* 2015 Sep;70(3):227-37
57. E Franco-Robles, M. G. López \* Implication of Fructans in Health: Immunomodulatory and Antioxidant Mechanisms. *ScientificWorldJournal.* 2015; 2015
58. S. Taper , B. Roberfroid. Possible Adjuvant Cancer Therapy by Two Prebiotics - Inulin or Oligofructose. *In vivo.* 19: 201-204 (2005)
59. G. Giammonaet, N. Mauro, C. Scialabba. Article Inulin for Cancer Therapy: Present and Perspectives. *International Journal of Pharma Research & Review*, Jan 2016;5(1):63-69
60. Vogt LM, Uttara Ramasamy, Diederick Meyer etc., Immune Modulation by Different Types of  $\beta 2 \rightarrow 1$ -Fructans Is Toll-Like Receptor Dependent <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0068367>
61. Swanson KS, Grieshop CM, Flickinger EA, Healy HP, Dawson KA, et al. (2002) Effects of supplemental fructooligosaccharides plus mannanoligosaccharides on immune function and ileal and fecal microbial populations in adult dogs. *Arch Tierernahr* 56: 309–318.
62. Hosono A, Ozawa A, Kato R, Ohnishi Y, Nakanishi Y, et al. (2003) Dietary fructooligosaccharides induce immunoregulation of intestinal IgA secretion by murine peyer's patch cells. *Biosci Biotechnol Biochem* 67: 758–764.
63. Nakamura Y, Nosaka S, Suzuki M, Nagafuchi S, Takahashi T, et al. (2004) Dietary fructooligosaccharides up-regulate immunoglobulin // A response and polymeric immunoglobulin receptor expression in intestines of infant mice. *Clin Exp Immunol* 137: 52–58.

64. Seifert S, Watzl B (2007) Inulin and oligofructose: // Review of experimental data on immune modulation. *J Nutr* 137: 2563S–2567S.
65. P.D. Cooper T. G Barclay. The polysaccharide inulin is characterized by an extensive series of periodic isoforms with varying biological actions. *Glycobiology*. Vol.23, no.10, pp.1164-1174. 2013
66. Shoaib M etc. Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydr Polym*. 2016 Aug 20;147:444-454
67. Carlos I. Cruz-Cárdenas, María L. Miranda-Ham. Fructans and other water soluble carbohydrates in vegetative organs and fruits of different *Musa* spp. *Front Plant Sci*. 2015; 6: 395.
68. Muir JG, Shepherd SJ, Rosella O, Rose R, Barrett JS, Gibson PR (2007) Fructan and free fructose content of common Australian vegetables and fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 6619–6627.
69. Van den Ende W (2008) Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects. *Journal of Experimental Botany* 59, 2905–2916.
70. Valluru R, Lammens W, Claupein W, Van den Ende W (2008) Freezing tolerance by vesicle-mediated fructan transport. *Trends in Plant Science* 13, 409–414.
71. D.P. Livingston, D.K. Hinch, A.G. Heyer, Fructan and its relationship to abiotic stress tolerance in plants // *Cellular and molecular life sciences*, 66 (2009) 2007-2023.
72. Vijn I, Smeekens S (1999) Fructan: more than a reserve carbohydrate // *Plant Physiology* 120, 351–360.
73. Ritse ma T, Smeekens SC. Engineering fructan metabolism in plants // *J Plant Physiol*. 2003 Jul;160(7):811-20.
74. Van Laere A, Van den Ende W. Inulin metabolism in dicots: chicory as a model system. *Plant // Cell and Environment*. 2002;25:803–813.
75. W. Van den Ende, A. Michiels, J. De Roover, A. Van Laere, Fructan biosynthetic and breakdown enzymes in dicots evolved from different invertases // Expression of fructan genes throughout chicory development, *TheScientificWorldJournal*-[electronicresource], 2 (2002) 1281-1295.

76. Edelman J. and Jefford T., 1964, The metabolism of fructose polymers in plants., *Biochem. J.*, 93, p.148-161.
77. Edelman, J. & Jefford, T.G. The mechanism of fructosan metabolism in higher plants as exemplified in *helianthus tuberosus*. *New Phytol.* 1968, 67:517-31.
78. R. Vergauwen, A. Van Laere, W. Van den Ende, Properties of Fructan:Fructan 1-Fructosyltransferases from Chicory and Globe Thistle, Two Asteracean Plants Storing Greatly Different Types of Inulin, *Plant Physiology*, 133 (2003) 391-401.
79. W. Van den Ende, S. Clerens, R. Vergauwen, D. Boogaerts, K. Le Roy, L. Arckens, A. Van Laere, Cloning and functional analysis of a high DP fructan: // fructan 1-fructosyl transferase from *Echinops ritro* (Asteraceae): / comparison of the native and recombinant enzymes / *Journal of Experimental Botany*, 57 (2006) 775-789.
80. J.van Arkel. Fructan biosynthesis in crop plants. The molecular regulation of fructan biosynthesis in chicory (*Cichorium intybus*L.). Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of doctor at Wageningen University. 11 october 2013.
81. M.W.Shaw, K. Lodge and P. John. Modeling inulin metabolism. In: Fuchs A., *Inulin and inulin-containing Crops*, 1993, p. 297 – 308.
82. J. van Arkel, R. Vergauwen, R. Sévenier, J.C. Hakkert, A. van Laere, H.J. Bouwmeester, A.J. Koops, I.M. van der Meer, Sink filling, inulin metabolizing enzymes and carbohydrate status in field grown chicory (*Cichorium intybus*L.), *Journal of Plant Physiology*, 169 (2012) 1520-1529.
83. Rudy Vergauwen, André Van Laere, and Wim Van den Ende. Properties of Fructan:Fructan 1-Fructosyltransferases from Chicory and Globe Thistle, Two Asteracean Plants Storing Greatly Different Types of Inulin. *Plant Physiol.* Vol.133, 2003.
84. Timmermans JW, Slaghek T, Iizuka M, De Roover J, Van Laere A, Vanden Ende W (2001) Isolation and structural analysis of new fructans produced by chicory. *J Carbohyd Chem* 20:375–395



85. De Roover J, Vandenbranden K, Van Laere A, Van den Ende W. Drought induces fructan synthesis and 1-SST (sucrose:sucrose fructosyltransferase) in roots and leaves of chicory seedlings (*Cichorium intybus* L.) *Planta*. 2000;210:808–814.
86. Kawakami A, Yoshida M. Fructan:fructan 1-fructosyltransferase, a key enzyme for biosynthesis of graminan oligomers in hardened wheat. *Planta* 2005;223:90-104.
87. Van den Ende W, Van Laere A . Fructans in dicotyledonous plants: occurrence and metabolism. In: Shiomi N, Benkeblia N, Onodera S, editors. Recent advances in fructo-oligosaccharides research. Trivandrum, India: Research Signpost; 2007. p. 1-14.
88. De Coninck B, Van den Ende W, Le Roy K. Fructan exohydrolases (FEHs) in plants: properties, occurrence and 3-D structure. In: Shiomi N, Noureddine B, Shuichi O, editors. Recent advances in fructo-oligosaccharides research. Trivandrum, India: Research Signpost; 2007. p. 157-180.
89. Van den Ende W, De Coninck B, Van Laere A. Plant fructan exohydrolases: a role in signaling and defense? *Trends in Plant Science* 2004;9:523-528.
90. M. García-Pérez, M. López. Factors affecting fructosyltransferases and fructan exohydrolase activities in *Agave tequilana* Weber var. azul. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. 2016, Volume 25, Issue 2, pp 147–154
91. Wim Van den Ende. Novel fructan exohydrolase: unique properties and applications for human health. *Journal of Experimental Botany*, Volume 69, Issue 18, 14 August 2018, Pages 4227–4231
92. Niness KR. Inulin and oligofructose: what are they? *J Nutr* 1999;129:1402-1406.
93. Roberfroid MB. Inulin-type fructans: functional food ingredients. *J Nutr* 2007;137:2493-2502
94. . Kelly G. Inulin-type prebiotics--a review: part 1. *Altern Med Rev*. 2008 Dec;13(4):315-29.

95. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/i2255?lang=en&region=UA>
96. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/f8052?lang=en&region=UA>
97. Marcel Florkin. Comparative Biochemistry V3: A Comprehensive Treatise p.424.
98. Cooper P.D., Wo 8702, 679, 07 May 1987
99. Phelps CF. The physico-chemical properties of inulin solutions. Biochem. J. 1965; 95 41-7.
100. Гриненко И.Г. Физико-химические свойства инулина и получение его модифицированных производных. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. Наук.
101. Cooper PD, Petrovsky N. Delta inulin: a novel, immunologically active, stable packing structure comprising  $\beta$ -D-[2  $\rightarrow$  1] poly(fructo-furanosyl)  $\alpha$ -D-glucose polymers. Glycobiology. 2011 May;21(5):595-606
102. Cooper PD, Barclay TG, Ginic-Markovic M, Petrovsky N. The polysaccharide inulin is characterized by an extensive series of periodic isoforms with varying biological actions. Glycobiology. 2013
103. <http://www.nutritionaloutlook.com/digestive-health/oligofructose-chicory-root-fiber-supports-bowel-regularity-new-study>
104. <https://www.inspiredbyinulin.com/inulin/natural-origin.html>
105. <https://fiberfacts.org/chicory-root-fiber-inulin-oligofructose-fructooligosaccharides-fos/>
106. R. Slimestad, R. Seljaasen, K. Meijer, S.L. Skar. Norwegian Jerusalem artichoke -grown (*Helianthus tuberosus* L.): morphology and content of sugars and fructo-oligosaccharides in stems and tubers. J. Sci. Food Agric., 90 (2010), pp. 956-964.
107. L. Pan, M.R. Sinden, A.H. Kennedy, H. Chai, L.E. Watson, T.L. Graham, A.D. Kinghorn. Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke) Phytochem. Lett., 2 (2009), pp. 15-18

108. S.J. Kays, S.F. Nottingham Biology and Chemistry of Jerusalem artichoke: *Helianthus tuberosus* L.
109. CRC press, Boca Raton, FL (2007)
110. <https://www.nutrition-and-you.com/burdock-root.html>
111. N. Itaya etc., Prebiotic effects of inulin extracted from burdock (*Arctium lappa*) in broilers. Arq. Inst. Biol. vol.84 São Paulo 2017 Epub Feb 01, 2018 [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1808-16572017000100237](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-16572017000100237)
112. <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Russian-dandelion-as-a-sustainable-source-of-rubber-and-inulin.htm>
113. <https://www.thepracticalherbalist.com/advanced-herbalism/inulin-dandelion-works/>
114. <https://www.nutritionandinnovation.com/salsify/>
115. <https://www.nutrition-and-you.com/salsify.html>
116. A. Dolota, B. Dabrowska, Raw fibre and inulin content in roots of different scorzonera cultivars (*Scorzonera hispanica* L.) depending on cultivation method, Folia Hortic. 16 (2004) 31–37.
117. N. Traycheva Petkova Ultrasound-assisted extraction and characterisation of inulin-type fructan from roots of elecampane (*Inula helenium* L.). Acta Scientifica Naturalis, vol. 1, 2015, 225-235.
118. Elok Zubaidah , Wilda Akhadiana. Comparative Study of Inulin Extracts from Dahlia, Yam, and Gembili Tubers as Prebiotic. Published Online November 2013 (<http://www.scirp.org/journal/fns>)
119. L. Krismiyanto, N. Suthama, H. I. Wahyuni. Feeding effect of inulin derived from Dahlia variabilis Tuber on intestinal microbes in starter period of crossbred native chickens. J. Indonesian Trop. Anim. Agric. 39(4):217-223, 2014
120. Delgado GT, Tamashiro WM. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): a functional food. Plant Foods Hum Nutr. 2013 Sep;68(3):222-8.

121. B. Caetano et al. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a Food Supplement: Health-Promoting Benefits of Fructooligosaccharides. *Nutrients*. 2016 Jul 21;8(7).

122. Holscher HD et al., Agave Inulin Supplementation Affects the Fecal Microbiota of Healthy Adults Participating in a Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Crossover Trial. *J Nutr*. 2015 Sep;145(9):2025-32.

123. Bauer LL et al., Gastrointestinal tolerance and utilization of agave inulin by healthy adults. *Food Funct*. 2014 Jun;5(6):1142-9

124. Boeckner, LS; Schnepf, MI; Tungland, BC (2001). "Inulin: a review of nutritional and health implications". *Advances in Food and Nutrition Research*. *Advances in Food and Nutrition Research*. 43: 1–63.

125. M. Kovár, I. Černý. Regulation of production performance of chicory plants by foliar application of biologically active substances. *Journal Of Central European Agriculture*, 2012, 13(4), P.747-759

126. M. Kovár, I. Černý. Regulation of production performance of chicory plants by foliar application of biologically active substances. *Journal Of Central European Agriculture*, 2012, 13(4), P.747-759

127. Monti A, Pritoni G, Amaducci MT. Evaluation of chicory varieties in North Italy: inulin production and photosynthesis. In: *Proceedings of the ninth seminar on inulin*, 18–19 April 2002, Budapest, Hungary, 23.

128. H. P. Bais and G. A. Ravishankar, "Cichorium intybus L.—cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 81, no. 5, pp. 467–484, 2001.

129. <http://www.leroux.com/en>

130. Luzina EV. Food value of cichorium intybus. *Vopr Pitan*. 2013;82(2):62-5

131. 45. Яценко А.А. Цикорий корнеплодный/ Яценко А.А., Корниенко А.В., Жужжалова. Воронеж-ВНИИСС: Истоки, 2002. 135 с.

132. M. I. Massoud, W. A. Amin, and A. A. Elgindy, "Chemical and technological studies on Chicory (*Cichorium Intybus* L) and its applications in some

functional food,” *Journal of Advanced Agricultural Research*, vol. 14, no. 3, pp. 735–756, 2009.

133. S. Chandra, M. Kumar, P. Dwivedi, and K. Arti, “Studies on industrial importance and medicinal value of chicory plant (*Cichorium intybus* L.),” *International Journal of Advance Research*, vol. 4, no. 1, pp. 1060–1071, 2016

134. Nandagopal and B. D. Kumari, “Phytochemical and antibacterial studies of chicory (*Cichoriumintybus*L.) A multipurpose medicinal plant,” *Advances in Biological Research*, vol. 1, no. 1-2, pp. 17–21, 2007

135. S. Das, N. Vasudeva, and S. Sharma, “*Cichorium intybus*: a concise report on its ethnomedicinal, botanical, and phytopharmacological aspects,” *Drug Development and Therapeutics*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2016

136. R. A. Street, J. Sidana, and G. Prinsloo, “*Cichorium intybus*: Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology,” *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2013, Article ID 579319, 2013

137. M. Saeed, M. E. Abd El-Hac, M. Alagawany et al., “Chicory (*Cichorium intybus*) Herb: chemical composition, pharmacology, nutritional and healthical applications,” *International Journal of Pharmacology*, vol. 13, no. 4, pp. 351–360, 2017.

138. A. Franck. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87 (2007), pp. S287-S291

139. [https://books.google.com.ua/books/about/Isolation\\_Purification\\_and\\_Characterizat.html?id=sr7JNwAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ua/books/about/Isolation_Purification_and_Characterizat.html?id=sr7JNwAACAAJ&redir_esc=y)

140. Pat. 101012284, KNR, MPK C08B 37/00, Process podgotovka k jekstrakcii inulina iz kornja cikorija [Tekst]/ Wang Qingjun, Jiang Dunhua zajavitel' i patentoobladatel' Anshan Zhongxing Medicine Group Co., Ltd, - № 200710010017.5; zajavl. 09.01.2007; opubl. 08.08.2007.

141. Zhenzhou Zhu ,Olivier Bals ,Nabil Grimi ,Eugene Vorobiev. Pilot scale inulin extraction from chicory roots assisted by pulsed electric fields. *International Journal of Food Science & Technology* 47(7) · July 2012 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2621.2012.02981.x>

142. Stanley J. Kays, Stephen F. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L., 478. Biotechnology Reports Volume 5, March 2015, Pages 77-88.

143. L.Yang etc. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. Biotechnology Reports. Volume 5, March 2015, Pages 77-88

144. V. Bach etc. Effects of harvest time and variety on sensory quality and chemical composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers. Food Chemistry Volume 133, Issue 1, 1 July 2012, Pages 82-89

145. Лисовой В.В., Викторова Е.П. и др. Разработка исходных требований к технологии производства инулина из топинамбура. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. №2. 2016 с. 43-48

146. Гулюк Н.Г., Пучкова Н.С. Исследование процесса диффузии инулина из клубней топинамбура. Достижения науки и техники АПК. 2014. Т.28 №12 с.67-69

147. Шепелева Н.С., Кареткин Б.А. Интенсификация выделения инулина из клубней топинамбура с помощью ультразвука Текст научной статьи по специальности «Пищевая промышленность». Успехи в химии и химической технологии. Т. 21 2007, № 5 (73) с.35-37.

148. К.Б. Бажыкова, Б.М. Бутин, Б.М. Изтелеу. Республика Казахстан, г. Алматы. Определение количественного состава корней топинамбура. [http://www.rusnauka.com/35\\_PWMN\\_2008/Chimia/38668.doc.htm](http://www.rusnauka.com/35_PWMN_2008/Chimia/38668.doc.htm)

149. Кисеева М.Т. Совершенствование способов получения инулина и пектина из клубней топинамбура (*helianthus tuberosus*) и создание лекарственных средств на их основе. Диссертация на соискание научной степени канд. фарм. наук

150. Екутеч, Руслан Измаилович. Разработка технологии получения инулина и пищевых волокон из клубней топинамбура : диссертация на

соискание научной степени кандидата технических наук. Краснодар, 2010.- 153 с.

151. Данилов К.П. Монография: топинамбур. 2013р. 206 с.

152. Пат. ru0002548502, Российская Федерация, МПК C08B 37/00, A23L 1/236, C08B 37/18, Способ получения инулина из инулинсодержащего сырья [Текст]/ Бархатова Т. В., Назаренко М. Н. и др. заявитель и патентообладатель Кубанский государственный технологический университет - № 2013151539/13; заявл. 19.11.2013; опубл. 20.04.2015.

153. .Pat. 2009111945, Rossijskaja Federacija, MPK C08B, Sposob poluchenija inulina i drugih fruktanosoderzhashhiih produktov iz topinambura [Tekst]/ Maneshin V. V., Poljanskij K..K., zajavitel' i patentoobladatel' Maneshin V. V., Poljanskij K..K - № 2009111945/13; zajavl. 31.03.2009; opubl. 10.10.2010.

154. Пат. ru2148588, Российская Федерация, МПК C08B37/00. Способ получения инулина из клубней топинамбура [Текст] / Манешин В.В., заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Фабрика Биотехнология».- № 98115947/04; заявл. 20.08.1998; опубл. 10.05.2000

155. Пат. CN101731509, КНР, МПК A23L 1/30, A23L 1/09, A23L 1/28, A23L1/29,A23L1/216, Способ извлечения инулина из топинамбура. [Текст]/ Hao Linlin, заявитель и патентообладатель Hao Linlin- № 200810234876,7; заявл. 20.11.2008; опубл. 16.06.2010.

156. Пат. 104672352, КНР, МПК C08B, Технология производства очищенного инулина из топинамбура [Текст]/Zhang Li, Zhao Tongqiang, Du Jianfei, Li Wendong, заявитель и патентообладатель Zhang Li, Zhao Tongqiang, Du Jianfei, Li Wendong, - № 201410697365.4; заявл. 26.11.2014; опубл. 03.06.2015.

157. L.F.D'Antuono A.F.S.Lovato. Minor inulin crops in Italy: Preliminary investigations on potential uses and germplast. Proc. of the Sixth Seminar on Inulin., 1996, p. 145-148.

158. Olennikov, D. N.; Tankhaev, L. M. A quantitative assay for total fructans in burdock (*Arctium* spp.) roots. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry* vol. 37 issue 7 December 2011. p. 893 – 898
159. Imahori, Y.; Kitamura, N.; Kobayashi, S.; Takihara, T.; Ose, K.; Ueda, Y. Changes in fructooligosaccharide composition and related enzyme activities of burdock root during low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology* vol. 55 issue 1 January, 2010. p. 15-20
160. Kardosová A, Ebringerová A, Alföldi J, Nosál'ová G, Franová S, Hríbalová V (2003). A biologically active fructan from the roots of *Arctium lappa* L., var. *Herkules*. *Int. J. Biol. Macromol.* 33: 135-140.
161. Ferracane R, Graziani G, Gallo M, Fogliano V, Ritieni A. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctium lappa*) seeds, roots and leaves. *J Chromatogr A.* 2013 Sep 20;1308:52-7.
162. Ishiguro Y, Ueno K, Abe M, Onodera S, Fukushi E, Benkeblia N, Shiomi N: Isolation and structural determination of reducing fructooligosaccharides newly produced in stored edible burdock. *J Appl Glycosci* 2009, 56:159-164.
163. Ishiguro Y, Ueno K, Onodera S, Benkeblia N, Shiomi N: Effect of temperatures on inulobiose and inulooligosaccharides in burdock roots during storage. *J Food Compost Anal* 2010, in press.
164. Ishiguro Y, Onodera S, Benkeblia N, Shiomi N: Variation of total FOS, total IOS, inulin and their related-metabolizing enzymes in burdock roots (*Arctium lappa* L.) stored under different temperatures. *Postharvest Biol Technol* 2010, 56:232-238.
165. FU, Y.L. Isolation, purification and structural elucidation of a fructan from *Arctium lappa* // *Journal of Medicine Plants Research*, v.3, p.171-173, 2009.
166. E. Milani etc. Extraction of inulin from Burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound // *International Journal of Food Science & Technology* 46(8):1699 - 1704 · May 2011.
167. CN105085705A. Method for extracting inulin from burdock root. Дата подачі 2015-09-16, дата публікації 2015-11-25.



168. Lou ZaiXiang ; Wang HongXin etc. Preparation of inulin and phenols-rich dietary fibre powder from burdock root. *Carbohydrate Polymers* 2009 Vol.78 No.4 pp.666-671.

169. XU Xin, CHEN Xiao-hui, LIU Guo-yan, YU Hai. Study on Microwave-assisted Extraction of Inulin from Burdock Root. *Food Science*. 2007-10

170. GAO Ming-xia etc. Study on Extraction of Burdock Polysaccharides by Double-enzyme Method[J]; *Food Science*; 2008-09

171. XU Xin, CHEN Xiao-hui, LIU Guo-yan, YU Hai. Study on Microwave-assisted Extraction of Inulin from Burdock Root. *Food Science*. 2007-10

172. CAO Ze-hong, DONG. Study on Enzymatic Methods for Extraction of Inulin from Burdock[J]; *Food Science*; 2009-22

173. Nadezhda Petkova et al. Antioxidant activity and fructan content in root extracts from elecampane (*Inula helenium* L.). *J. BioSci. Biotechnol.* 2015, 4(1): 101-107

174. <https://www.floraforce.co.za/herb-library/elecampane/>

175. Nadezhda Petkova, Manol Ognyanov, Mina Todorova, Panteley Denev. Ultrasound-assisted extraction and characterisation of inulin-type fructan from roots of elecampane (*Inula helenium* L.). *Acta Scientifica Naturalis*, vol. 1, 2015, 225-235.

176. Пат. ru02351166, Российская Федерация, МПК А61К 36/00, А23L 1/236 Способ получения инулина из одуванчика лекарственного [Текст]/ Струпан Е. А., Струпан О. А., заявитель и патентообладатель Струпан Е. А., - № 2007138868/13; заявл. 19.10.2007; опубл. 10.04.2009.

177. Nadezhda Tr. Petkova, Manol Hr. Ognyanovb , Ivan G. Ivanova , and Panteley P. Denev Isolation of Inulin from Dandelion Roots by Microwave and Ultrasound-Assisted Extractions. Abstracts of 8th INTERNATIONAL FRUCTAN SYMPOSIUM 2016 OAXACA, MEXICO G.Y.

178. Baghdasaryan, Y.G. Baghdasarya. Inulin content in different plants and obtaining endoinulase enzyme from dandelion. *Biolog. Journal of Armenia*, 4 (66), 2014

179. Marie Kreuzberger at al. Seasonal pattern of biomass and rubber and inulin of wild Russian dandelion (*Taraxacum koksaghyz* L. Rodin) under experimental field conditions. European Journal of Agronomy. Volume 80, October 2016, Pages 66-77

180. Marina Arias at al. Evaluation of root biomass, rubber and inulin contents in nine *Taraxacum koksaghyz* Rodin populations. Industrial Crops and Products Volume 83, May 2016, Pages 316-321

181. Alternative Medicine Review Monographs. Thorne Research, Inc. 2002 p. 400- 404.

182. Buranov A. Russian dandelion seeds and extraction processes. AU PEARLS meeting Montpellier, France, October 14-15 2010.

183. M. L. Beirão-da-Costa, at al. Alimentos e Nutrição Araraquara, Characterisation of inulin from chicory and salsify cultivated in Portugal. Vol. 16, No 3 (2005). Pp. 221-225.

184. Kopinski M. Influence of intercrop plants and varied tillage on yield and nutritional value of salsify roots // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 8 (2), 2009, 27 – 36.

185. Борисов А.Г., Оробинская В.Н., Казуб В.Т. Кинетика процессов экстрагирования полисахаридов из корнеплодов скорцонера испанского под воздействием электрического разряда // Вестник ТГТУ. 2011. Том 17. No 2.

186. Пат. 2393869 Российская федерация. Способ получения водоростворимых полисахаридов из *Scorzonera Hispanica* L. Опубл. 10.07.2010, Бюл. №19 – 7с.

187. Токарева, Г.Н. Качество скорцонеры, овсяного корня и спаржи в зависимости от условий выращивания и хранения. Текст.: Автореферат дис. канд. техн. наук, С-Петербург торгово-экономич. инт. / Токарева Г.Н. СПб., 1994. - 23с.

188. Beatris H. Bernal, Jairo Calle, Inulin from tubers of *Dahlia imperialis* Roetz. Rev.Col. Cienc.Quim. Farm. 34 (2): 122-125.

189. Ананьина Н.А. Использование клубней георгины простой как альтернативного источника получения инулина. Диссертация на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук. Пятигорск – 2011.

190. Cooper, P. D. and Carter, M. 1986. Anticomplementary action of polymorphic 'solubility forms' of particulate inulin. *Molec. Immunol* 23: 895-901.

191. <https://www.nacalai.co.jp/ss/Contact/PVCatalogSrchHP.cfm?SearchWord=Inulin%2C%20from%20Dahlia%20Tubers&l=EN>

192. Y. Kriukova, A. Jakubiak-Augustyn et al. Chain length distribution of inulin from dahlia tubers as influenced by the extraction method. <http://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/14397/1/Chain%20length%20distribution%20of%20inulin%20from%20dahlia%20tubers%20as%20influenced%20by%20the%20extraction%20method.pdf>

193. 4. Пат. ru0002548502, Российская Федерация, МПК C08B 37/00, A23L 1/236, C08B 37/18, Способ получения инулина из инулинсодержащего сырья [Текст]/ Бархатова Т. В., Назаренко М. Н. и др. заявитель и патентообладатель Кубанский государственный технологический университет - № 2013151539/13; заявл. 19.11.2013; опубл. 20.04.2015.

194. Пат. CN101628949, КНР, МПК C08B 37/18, Способ изготовления высококачественного инулина [Текст]/ Yi Yuetao, Feng Dawei, Qin Song и др. заявитель и патентообладатель Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development- № 200910017835.7; заявл. 07.08.2009; опубл. 20.01.2010.

195. Лисовой В. В. Современные способы производства инулина из растительного сырья. Научный журнал КубГАУ, №118(04), 2016 г

196. Муцаев Р.В., Алексанян И.Ю., Титова Л.М. Способы получения инулина из растительного сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10-3. – С. 433-436;

197. Гичев Ю.Ю. Руководство по биологически активным пищевым добавкам./Гичев Ю.Ю., Гичев Ю.П.- М. Триада.: - X, 2001. 230 с.

198. E. Nellen-Regli. Food supplements: Is there any scientific evidence for health claims?

[http://institute.swissre.com/research/library/Food\\_Safety\\_Elisabeth\\_Nellen\\_Regli.html](http://institute.swissre.com/research/library/Food_Safety_Elisabeth_Nellen_Regli.html)

199. <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2542/diyetichni-dobavki>

200. Т.С.Гоцуля, А.В.Самко, В.В. Галиця. Дієтичні добавки у фармації. Запорозький медичинський журнал 2011, т. 13 №2 с.

201. D.Meyer at al. Inulin as texture modifier in dairy products. Food Hydrocolloids

Volume 25, Issue 8, December 2011, Pages 1881-1890.

202. Teeuwen et al., "Inulin-A Versatile Fibre Ingredient", International Food Ingredients, 1992, No. 5, 10-14;

203. Иоргачева Е.Г. и др. Использование инулинсодержащего сырья в технологии хлебобулочных и кондитерских изделий. Харчова наука і технологія № 1(10) 2010 с. 13-17

204. Madrigal L, Sangronis E. Inulin and derivates as key ingredients in functional foods. Arch Latinoam Nutr. 2007 Dec;57(4):387-96.

205. Архипов В.Ю. Инулин и олигофруктоза: эффективность в качестве пребиотического волокна для кондитерской промышленности.

206. Тарасенко Н.А. Инулин и олигофруктоза: эффективность в качестве пребиотического волокна для кондитерской промышленности// Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-6. – С. 1216-1219;

207. <http://www.gabris.ru/gabris/health/bad/inulin/>

208. <http://mednatur.com.ua/catalog/cont5/category80/item230.html>

209. <https://fitomarket.com.ua/inulin-n60-tabletki-po-600-mg>

210. <https://kasta.ua/product/3874063:33126731/>

211. <https://mak-var.com.ua>

212. <http://ua-pharm.com/product/aktivit-probiotik-dlja-vzroslyh/>

213. <https://compendium.com.ua/info/200110/rotabiotik/>

214. [https://www.watsons.ua/ru/wtcua/zdorove/vitaminy-i-bady-vnutrennego-naznacheniya/pishevarenie/dobavka-dieticheskaya-turbiotic-diareya/p/BP\\_1128160](https://www.watsons.ua/ru/wtcua/zdorove/vitaminy-i-bady-vnutrennego-naznacheniya/pishevarenie/dobavka-dieticheskaya-turbiotic-diareya/p/BP_1128160)
215. <https://danamarket.com.ua/inulin-plyus-kaps-%E2%84%9690-banka>
216. <https://apteka.103.by/diabetvell-instruktsiya/>
217. <https://zdorovie-krasota.com.ua/index.php/product/view/20/135>
218. [http://unis.com.ua/exclusive/healthy\\_liver.html](http://unis.com.ua/exclusive/healthy_liver.html)
219. <https://kredo-shop.com.ua/vitaminy-dobavki-bady/fitoinulin>
220. <http://www.aflofarm.com.pl/ru /simplic/>
221. Мальцев П.М., Емельянова Н.А. Основы научных исследований. - К.: Вища школа, 1982.-192 с.
222. Физико-химические методы анализа/ Алесковский В.Б., Бардин В.В., Булатов М.И. и др. –Л.: Химия, 1988.-376 с.
223. Федоров В.Г., Плесконос А.К. Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности// М.: Пищ. про-ть.- 1980.- 240 с.
224. Грушецький Р. Дослідження впливу терміну зберігання інулінвмісної сировини в кагатах на якість інуліну // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами III Міжнар. наук.-практ. конф., 4 листопада 2015 р. К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2015. С. 110–111.
225. Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., Дашковський Ю.О., «Вплив терміну зберігання інулінмісткої сировини на її вуглеводний склад», Збірник наукових праць «Продовольчі ресурси», ІПР НААН України, №4, 2015.
226. Сейткаева С.К., Исследование некоторых физических методов повышения сокоотдачи плодов и ягод при пресовании. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н.
227. Грушецький Р.І., «Вплив попередньої обробки рослинної сировини на соковиділення пресуванням», ІПР НААН України, №3, 2014.
228. Грушецький Р. І. Дослідження впливу процесів подрібнення інулінвмісної сировини на одержання соку // Цукор України. 2014. №6 (102). С. 20–22.

229. Грушецький Р.І., Гриненко І, Хомічак Л.М., «Дослідження очистки інулінвмісних екстрактів за допомогою активованого вугілля» Цукор України, №9, 2013.

230. Бобрівник Л.Д., Івчук Н.П., Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., Гідроліз інуліну в умовах гетерогенного каталізу, К., Наукові праці УДУХТ 1998р.№4 с.29.

231. Grushetskyu R., Grinenko I., Fus S., Lesnik S., Kirilenko E., "Studying of mineral content in inulincontaing raw material and products", Abstracts of Second International Workshop "World of Inulin & Fructose", April 2004, Kiev, Ukraine.

232. Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., „Дослідження мінерального складу порошків інулінів”, К. Наукові праці НУХТ №15, К. 2004,С43-46.

233. Grushetskyu R., Grinenko I., Heals and nutritional aspects of high-molecular inulins, Oral presentation. 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008, Sapporo, Japan.

234. Грушецький Р.І., «Спосіб одержання інуліну із топінамбуру», автореф. на здоб. ст. к.т.н. Київ 1993.

235. I.G.Grinenko, R.I.Grushetskyu, I.S.Guliy, L.D.Bobrovnik. "The studies of inulin precipitation conditions" Abstracts of the III International Fructan Conference. 1996,21-24 July, Logan, Uah, USA.

236. Гулий І.С., Грушецький Р.І. "Деякі закономірності осадження високомолекулярного інуліну". К. Наукові праці НУХТ №13, 2002, С71.

237. Грушецкий Р.И, Гриненко ИГ., Гулый.И.С., и др., Определение условий осаждения инулина. Тез. Международной конференции по пищевым биополимерам. Москва 1995.

238. Р.І. Грушецький, „Дослідження можливості фракціонування інуліну”, Харчова та переробна промисловість, №3 К. 2004р,С12-14.

239. Грушецький Р.І., Кн. „Інулін – рослинні джерела, одержання, властивості”. Кн.- Тов. Знання України, 2003р., 112с.

240. Л. Бобровник, І. Гулий, Р. Грушецький, І. Гриненко, “Гідратація та дегідратація інуліну”. Абстракт сьомого Семінару по інуліну, Льовен, Бельгія. 22-23 січня 1998.
241. Кочеткова А.А., «Пищевые гидроколлоиды: теоретические заметки». Пищевые ингредиенты : сырье и добавки. 2000. №2.
242. Грушецький Р., Гриненко І., Хомічак Л., «Некоторые закономерности образования инулиновых гелей», М., Сахар, №11, 2014 р.
243. Грушецький Р., Хомічак Л., Гриненко І., «Желюючі властивості різних інулінів», Цукор України, №11, 2013.
244. Сичевський М. П., Грушецький Р. І. Полімерні плівки на основі полісахаридів // Цукор України. 2016. №6-7 (126-127). С. 32–33.
245. Гриненко І., Грушецький Р., Чумакова О. Ефективний загущувач // Харчова і переробна промисловість. 2003. №7. С. 22.
246. French A., Recent advances in the structural chem. of inulin, in Fuchs A., Inulin and inulin-containing Crops, 1993, p.121-127.
247. French A.D. Accessible conformations of the  $\beta$ -d-(2->1)- and -(2->6)-linked d-fructans inulin and levan Carbohydr. Res., 176 (1988) p.17-29.
248. A.M.Grekhov, R.I.Grushetskyy, L.D.Bobrovnik, I.G.Grinenko, I.S.Guliy. “New computer models of the spatial structure of fructans”. Abstracts of the III International Fructan Conference. 1996, 21-24 July, Logan, Utah, USA.
249. A.M.Grekhov, R.I.Grushetskyy, L.D.Bobrovnik, I.S.Guliy, I.G.Grinenko. “The conformation of inulin chains: a molecular mechanics, molecular dynamics and quantum-chemical approach”. Proceeding of Seventh Seminar Of Inulin, Leuven, Belgium. 22-23 January, 1998.
250. Грушецький Р., Хомічак Л., Гриненко І., Мірошник В.О., «Осадження інуліну етанолом та математичне обґрунтування процесу», Цукор України, №6, 2013.
251. I.G.Grinenko, R.I.Grushetskyy, G.A.Simakhina, L.D.Bobrovnik. “The influence of drying on the inulin quality”. Proceeding of Seventh Seminar Of Inulin, Leuven, Belgium. 22-23 January, 1998.

252. Грушецький Р. І. Особливості висушування високомолекулярного інуліну // Цукор України. 2014. №11 (107). С. 32–34.
253. Grushetskyy R. “Comparative analysis of different methods of inulin isolation”. Abstracts of the Ninth Seminar of Inulin, Budapest, 2002.
254. I.Grinenko, R.Grushetskyy, L.Bobrovnik, I.Guliy. “Technology of production of high-molecular inulin from different vegetable raw materials”. Abstracts of oral communication and posters, France. 1-2 July 1999.
255. Lezenko G., Bobrovnik L., Grinenko I., Grushetsky R., Guly I., Tsokur J., Vdovenko O. Some aspects of research on inulin and inulin-containing crops in the Ukraine // Studies in Plant Science, 3. Inulin and Inulin-containing Crops / Edited by A. Fuchs. Amsterdam-London-New-York-Tokyo: Elsevier. Wageningen: Department of Phytopathology, Agricultural University Wageningen, 1993. P. 397–400.
256. Grushetskyy R., Grinenko I. Features of high molecular inulin procession // 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008. Sapporo, Japan. P. 101.
257. R.I.Grushetskyy, I.S.Guliy, L.D.Bobrovnik, I.G.Grinenko, “Technology of production of high-molecular inulin from different vegetable raw materials” Proceeding of the international workshop on inulin as medicine & food ingredient. May 30, 1997 Kiev, Ukraine.
258. Бобрівник Л.Д., Грушецький Р.І., Гулий І.С., Гриненко І.Г. “Спосіб одержання інуліну”. Патент України № 10573, 1997р.
259. Бобрівник Л.Д., Гулий І.С., Грушецький Р.І., Гриненко І.Г. “Спосіб одержання інуліну”. Патент України № 23774 А, 1998р.
260. Гриненко І.Г., Грушецький Р.І., Бобровник Л.Д., Гулий І.С. «Инулин – ингредиент здоровья». В кн: Украинские пищевые биологически активные добавки.К. 1999г.с 46-51.
261. Гриненко І.Г., Грушецький Р.І. “Источники сырья – природа”. В кн.: Биологически Активные добавки и биопродукты. К. 2000г.с 84-87.
262. Grinenko I. G., Grushetskyy R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Non-traditional searches of inulin // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 20–26.



263. Р.Грушецький, І.Гріненко, „Нативний інулін – з рослинної сировини”, Харчова і переробна промисловість, №1 К. 2005, С23-24.

264. Грушецький Р. І. Кульбаба і скорцонера – перспективні джерела інуліну // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій: зб. наук. праць / УДУХТ. 2001. №9. С. 91–92.

265. Грушецький Р. Накопичення інуліну в коріннях та кореневищах оману // Продовольча індустрія АПК. 2013. №3. С. 30–31.

266. Грушецкий Р. И., Гриненко И. Г. Наиболее перспективные источники высокомолекулярного инулина // Сахар. 2013. №10. С. 52–54.

267. Хомічак Л. М., Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Родина складноцвітих – перспективне джерело інуліну // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2013. №1. С. 117–122.

268. Грушецький Р., Гріненко І., Хомічак Л., Накопичення інуліну в коренях цикорію, Продовольча індустрія АПК, №2, 2013.

269. Грушецький Р., Гріненко І. Біологічна продуктивність топінамбура при осінньому збиранні врожаю // Продовольча індустрія АПК. 2016. №6. С. 39–41.

270. Грушецький Р.І., Захарченко Т.Н., Інулін із лопуха, Харчова і переробна промисловість, №6 К. 2003, С24.

271. Грушецький Р., Гріненко І. «*Arctium lappa* L. – перспективна культура для одержання високомолекулярних фруктанів // Продовольча індустрія АПК. 2018. №3. С. 31–34.

272. Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Оцінка можливості культивування лопуха в якості сировини для одержання високомолекулярних фруктанів // Таврійський науковий вісник / Херсонський державний аграрний університет. 2017. Вип. 97. С. 35–39.

273. Грушецький Р., Гріненко І., " Вплив агротехнічних та кліматичних умов вирощування на продуктивність, вміст високомолекулярного інуліну

(ВМІ) та фракційний склад інулінів, одержаних із різної рослинної сировини".  
Продовольча індустрія АПК, №4, 2018.

274. Р.Грушецький, І.Гріненко, Т.Захарченко, О.Чумакова. Корисний напій з відходів інулінового виробництва // Харчова і переробна промисловість, №5 К. 2004,С20-21.

275. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Gulyi I. S. Comparative characteristics of inulin extraction from different medicine herbs // Proceedings of the Sixth Seminar on Inulin, November 14-15, 1996. Braunschweig, Germany. P. 57–60.

276. Романова Г. Кофе: удовольствие и лекарство.– СПб.: «Невский проспект»,2000.-121 с.

277. Грушецький Р.І., Чумакова О.В., Фруктозний сироп з відходів інулінового виробництва, Харчова і переробна промисловість, №8-9 К.2003, С22.

278. Заботин Ю.Д. Мед и медолечение. Познавательная книга плюс. М.: 1999.

279. Р.Грушецький, „Продукт, який не містить глюкози”, Харчова і переробна промисловість, №6 К. 2004,С23-24.

280. Гріненко І., Грушецький Р., Григоренко Н. «Полісахариди як дієтичні волокна: проблеми класифікації», Цукор України, №10, 2016 р.

281. Sakun U.M.,Sviridov V.F.,Grebenuk V.V.,Gulyi I.S., Grushetskyu R., Grinenko I.G.,Gulyi I.S. Inulin in prophylactics of heart diseases // Proceeding of Sixth Seminar Of Inulin / Braunschweig, Germany. 14-15 November, 1996.

282. Грушецький Р. І., Гріненко І. Г., Хомічак Л. М. Дієтична добавка «Інулін з момординою харантія» // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харківський державний університет харчування та торгівлі. 2018. Вип. 1 (27). С. 325–332.

283. Грушецький Р. І., Хомічак Л. М., Гріненко І. Г. Одержання симбіотика на основі інуліну та біфідобактерій // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2014. №2. С. 18–22.

284. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І. Інноваційні технології отримання ягідних і овочевих порошоків // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами IV Міжнар. наук.-практ. конф., 30 листопада 2016 р. / К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2016. С. 21–22.

285. Гриненко І., Грушецький Р. Інулін, збагачений природними сполуками кальцію // Харчова і переробна промисловість. 2004. №11. С. 20–21.

286. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Хомічак Л. М. Природні джерела здоров'я. К.: Аграрна наука, 2016. 108 с.

287. Пересічний М. І., Корзун В. Н., Карпенко П. О., Грушецький Р. І. та ін. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах // К.: ВД «АртЕк», 2015. 715 с.

288. L.T.Vanurikhina, L.A.Vanurikhina, I.Guliy,I.G.Grinenko, Grushetsky R., L.D.Bobrovnik, "The medical investigation of inulin", Abstracts of the III International Fructan Conference, 1996, 21-24 July, Logan, Utah, USA.

289. Vanurikhina L.Guliy I.S.,Grinenko I.G. Grushetsky R.,L.D.Bobrovnik. The medical investigation of inulin // Proceeding of the international workshop on inulin as medicine & food ingredient, May 30, 1997,Kiev, Ukraine.

290. Grinenko I. G., Grushetsky R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Inulin in human nutrition and medicine // Proceedings of the Eighth Seminar on Inulin, July 1-2, 1999. Lille, France. P. 137–141.

291. Ukrainets A., Grushetsky R., Grinenko I, "Ingredients of functional and health food: inulins // Kyiv, Znannya Ukrainy, 84с.2004.

292. Luch S., Grinenko I., Grushetsky R. Some researches of the inulin market in Ukraine // Abstracts of Second International Workshop "World of Inulin & Fructose", 2004, Kiev, Ukraine.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

**Розроблення математичної моделі залежності виходу інуліну від  
концентрації етанолу у вихідних розчинах.**

$$D015 := \begin{pmatrix} 0.003 \\ 0.006 \\ 0.011 \\ 0.015 \\ 0.014 \\ 0.029 \\ 0.055 \\ 0.063 \\ 0.041 \\ 0.033 \\ 0.041 \\ 0.028 \\ 0.013 \\ 0.008 \\ 0.004 \end{pmatrix} \quad V015 := \begin{pmatrix} 43 \\ 46 \\ 49 \\ 52 \\ 55 \\ 58 \\ 61 \\ 64 \\ 67 \\ 70 \\ 73 \\ 76 \\ 79 \\ 85 \\ 90 \end{pmatrix}$$

$$FF(n, D, V) := \begin{cases} s \leftarrow \frac{D_0}{2} \cdot (V_1 - V_0) + \frac{D_n}{2} \cdot (V_n - V_{n-1}) \\ \text{for } i \in 1..n-1 \\ s \leftarrow s + \frac{D_i}{2} \cdot (V_{i+1} - V_{i-1}) \\ s \end{cases}$$

$$D415 := \begin{pmatrix} 0.003 \\ 0.005 \\ 0.017 \\ 0.039 \\ 0.03 \\ 0.027 \\ 0.044 \\ 0.04 \\ 0.035 \\ 0.022 \\ 0.013 \\ 0.011 \\ 0.007 \\ 0.006 \\ 0.004 \end{pmatrix} \quad V415 := \begin{pmatrix} 45 \\ 49 \\ 53 \\ 56 \\ 59 \\ 62 \\ 65 \\ 68 \\ 71 \\ 74 \\ 77 \\ 81 \\ 85 \\ 92 \\ 94 \end{pmatrix} \quad D1215 := \begin{pmatrix} 0.003 \\ 0.006 \\ 0.041 \\ 0.075 \\ 0.082 \\ 0.067 \\ 0.08 \\ 0.079 \\ 0.048 \\ 0.039 \\ 0.023 \\ 0.01 \\ 0.01 \end{pmatrix} \quad V1215 := \begin{pmatrix} 45 \\ 50 \\ 53 \\ 56 \\ 59 \\ 62 \\ 65 \\ 68 \\ 71 \\ 75 \\ 78 \\ 81 \\ 89 \end{pmatrix} \quad D1715 := \begin{pmatrix} 0.002 \\ 0.007 \\ 0.016 \\ 0.018 \\ 0.065 \\ 0.029 \\ 0.036 \\ 0.023 \\ 0.045 \\ 0.028 \\ 0.015 \\ 0.004 \\ 0.002 \\ 0.001 \end{pmatrix}$$

$$R_0 := FF(14, D015, V015)$$

$$R_0 = 1.125$$

$$R_1 := FF(14, D415, V415)$$

$$R_1 = 0.955$$

$$R_2 := FF(12, D1215, V1215)$$

$$R_2 = 1.772$$

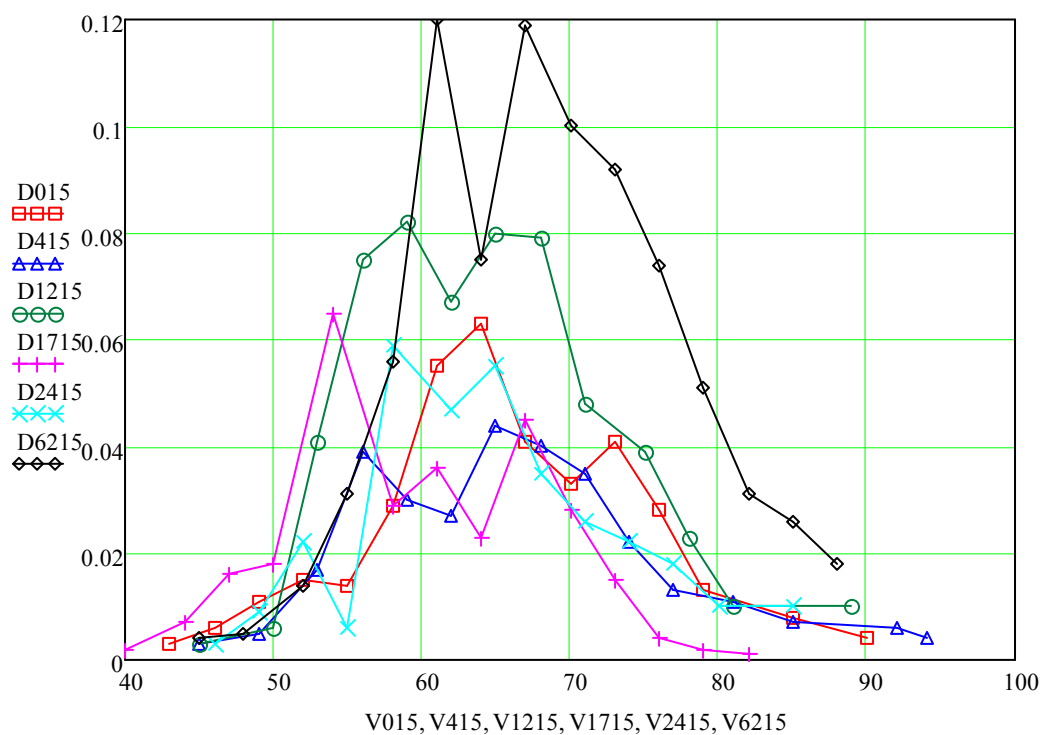
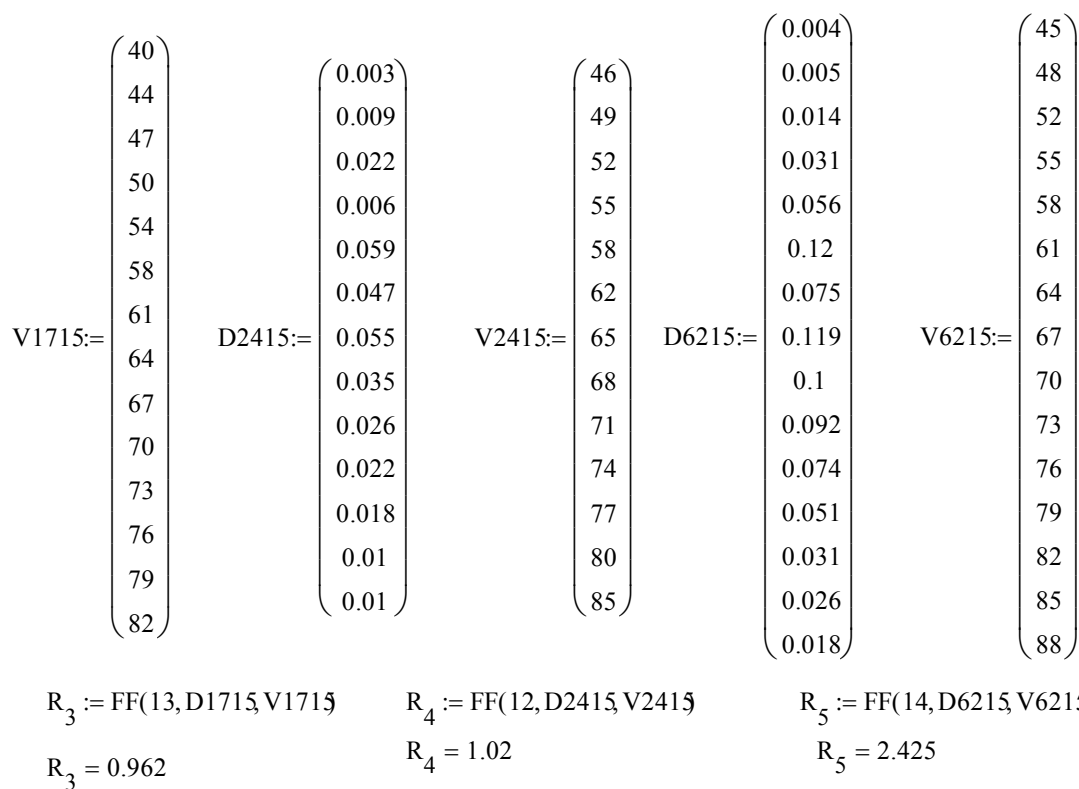


Рис.1. Криві виходу ВМІ в часі 15%-ий розчин етанолу.

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 D020 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 0 \\
 0.005 \\
 0.014 \\
 0.017 \\
 0.029 \\
 0.034 \\
 0.047 \\
 0.041 \\
 0.068 \\
 0.071 \\
 0.056 \\
 0.041 \\
 0.025 \\
 0.009 \\
 0.005 \\
 0.003 \\
 0.005
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 V020 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 43 \\
 45 \\
 47 \\
 50 \\
 52 \\
 54 \\
 56 \\
 58 \\
 60 \\
 62 \\
 64 \\
 67 \\
 70 \\
 73 \\
 76 \\
 78 \\
 80
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 D0520 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 0 \\
 0.002 \\
 0.007 \\
 0.003 \\
 0.006 \\
 0.011 \\
 0.018 \\
 0.019 \\
 0.026 \\
 0.02 \\
 0.017 \\
 0.021 \\
 0.01 \\
 0.01 \\
 0.009
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 V0520 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 35 \\
 43 \\
 45 \\
 46 \\
 48 \\
 50 \\
 53 \\
 56 \\
 59 \\
 62 \\
 65 \\
 71 \\
 75 \\
 78 \\
 82
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \end{array}$$

$$R_6 := \text{FF}(16, D020, V020)$$

$$R_6 = 1.056$$

$$R_7 := \text{FF}(14, D0520, V0520)$$

$$R_7 = 0.583$$

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 D320 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 0.002 \\
 0.01 \\
 0.052 \\
 0.065 \\
 0.052 \\
 0.058 \\
 0.054 \\
 0.06 \\
 0.045 \\
 0.044 \\
 0.04 \\
 0.019 \\
 0.026 \\
 0.017 \\
 0.022 \\
 0.014 \\
 0.01
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 V320 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 40 \\
 44 \\
 46 \\
 48 \\
 51 \\
 54 \\
 58 \\
 62 \\
 63 \\
 64 \\
 66 \\
 68 \\
 70 \\
 72 \\
 74 \\
 77 \\
 80
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 D1420 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 0.001 \\
 0.007 \\
 0.017 \\
 0.021 \\
 0.033 \\
 0.044 \\
 0.029 \\
 0.076 \\
 0.05 \\
 0.062 \\
 0.059 \\
 0.029 \\
 0.039 \\
 0.03 \\
 0.018 \\
 0.03 \\
 0.024
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 V1420 := \\
 \left( \begin{array}{l}
 40 \\
 44 \\
 46 \\
 48 \\
 50 \\
 52 \\
 54 \\
 56 \\
 58 \\
 60 \\
 62 \\
 65 \\
 68 \\
 71 \\
 73 \\
 75 \\
 78
 \end{array} \right) \\
 \end{array}
 \end{array}$$

$$R_8 := \text{FF}(16, D320, V320)$$

$$R_8 = 1.453$$

$$R_9 := \text{FF}(16, D1420, V1420)$$

$$R_9 = 1.26$$

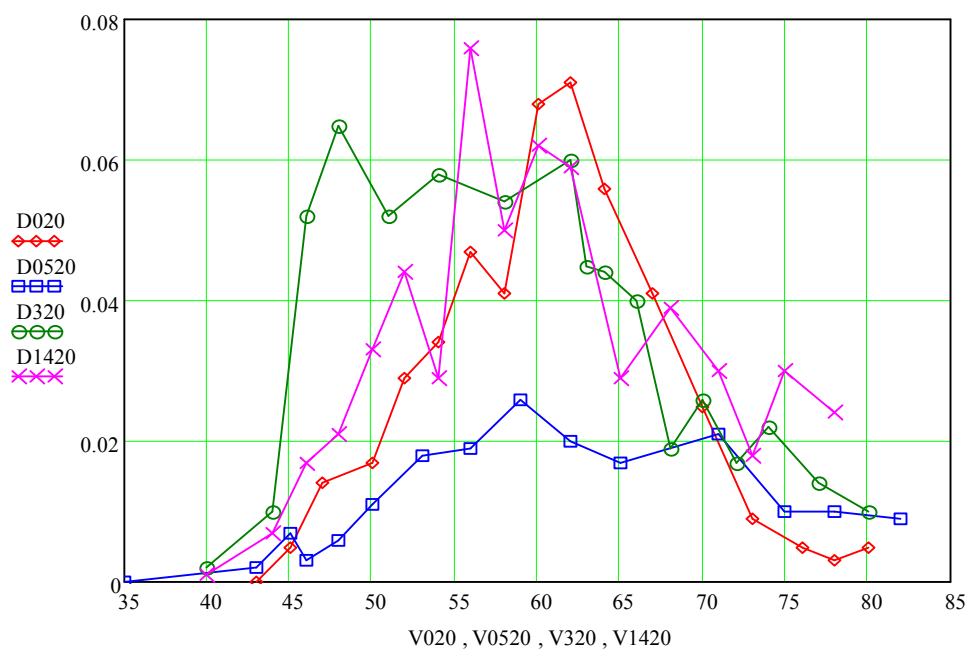


Рис.2. Криві виходу ВМІ в часі 20%-ий розчин етанолу.

0.003	43	0	39
0.005	45	0.004	43
0.014	47	0.008	45
0.018	50	0.009	46
0.031	52	0.006	48
0.037	54	0.013	48
0.051	56	0.015	50
0.045	58	0.017	53
0.068	60	0.027	56
0.077	62	0.018	59
0.053	64	0.019	62
0.031	67	0.023	65
0.022	70	0.017	71
0.01	73	0.013	75
0.003	76	0.01	78
0.003	78		82
0.002	80		



D325 :=	0.002 0.01 0.052 0.065 0.052 0.058 0.054 0.06 0.045 0.044 0.04 0.019 0.026 0.017 0.022 0.014 0.01	V325 :=	40 44 46 48 51 54 58 62 63 64 66 68 70 72 74 77 80	D425 :=	0.001 0.006 0.015 0.021 0.035 0.043 0.027 0.026 0.047 0.061 0.057 0.026 0.036 0.03 0.016 0.024 0.005	V425 :=	40 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 65 68 71 73 75 78
---------	---	---------	--	---------	--	---------	--

$$R_{12} := \text{FF}(16, D325, V325)$$

$$R_{12} = 1.453$$

$$R_{13} := \text{FF}(16, D425, V425)$$

$$R_{13} = 1.073$$

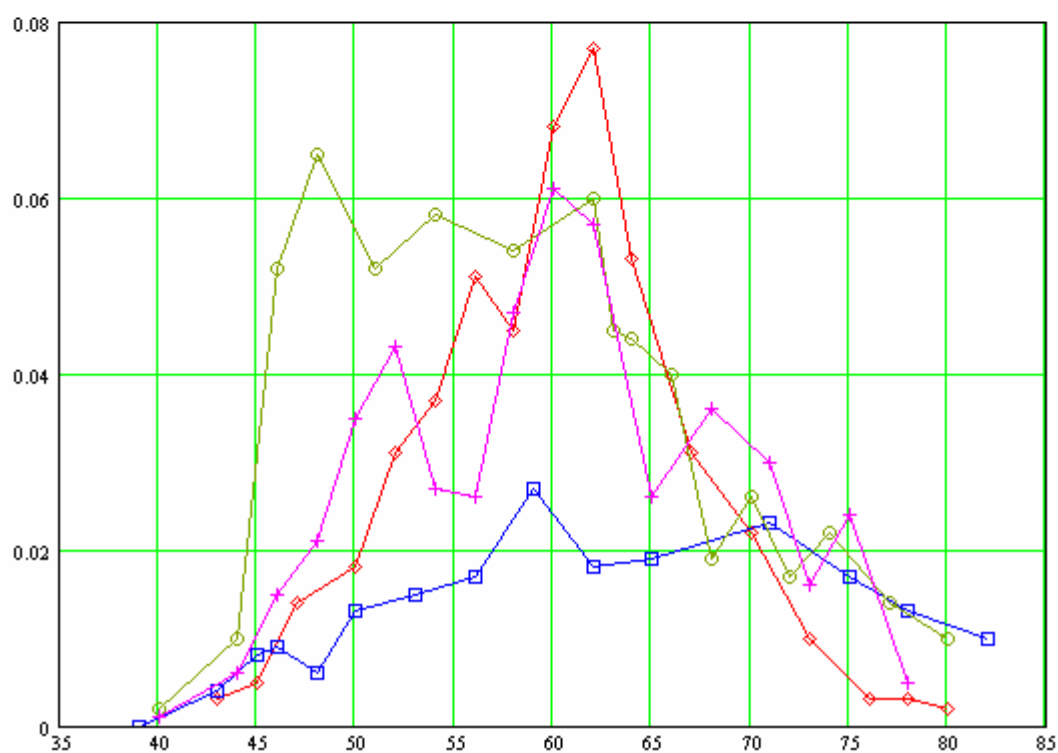


Рис.3. Криві виходу ВМІ в часі 25%-ий розчин етанолу.

	0
0	1.125
1	0.955
2	1.772
3	0.962
4	1.02
5	2.425
6	1.056
7	0.583
8	1.453
9	1.26
10	1.048
11	0.638
12	1.453
13	1.073

 $R =$ 

15
15
15
15
15
15
20
20
20
20
20
25
25
25
25

 $T :=$ 

0
4
12
17
24
62
0.
0.5
3
14
0.
0.5
3
4

 $\tau :=$ 

$G := R$

	0
0	1.125
1	0.955
2	1.772
3	0.962
4	1.02
5	2.425
6	1.056
7	0.583
8	1.453
9	1.26
10	1.048
11	0.638
12	1.453
13	1.073

 $G =$

$N := 14$

$i := 0..N - 1$

$$A := \begin{bmatrix} N + 1 & \sum T & \sum \tau & \sum T_i \cdot \tau_i & \sum T^2 & \sum \tau^2 \\ \sum T & \sum T^2 & \sum T_i \cdot \tau_i & \sum (T_i)^2 \cdot \tau_i & \sum T^3 & \sum T_i \cdot (\tau_i)^2 \\ \sum \tau & \sum T_i \cdot \tau_i & \sum \tau^2 & \sum T_i \cdot (\tau_i)^2 & \sum (T_i)^2 \cdot \tau_i & \sum \tau^3 \\ \sum T_i \cdot \tau_i & \sum (T_i)^2 \cdot \tau_i & \sum T_i \cdot (\tau_i)^2 & \sum (T_i)^2 \cdot (\tau_i)^2 & \sum (T_i)^3 \cdot \tau_i & \sum T_i \cdot (\tau_i)^3 \\ \sum T^2 & \sum T^3 & \sum (T_i)^2 \cdot \tau_i & \sum (T_i)^3 \cdot \tau_i & \sum T^4 & \sum (T_i)^2 \cdot (\tau_i)^2 \\ \sum \tau^2 & \sum T_i \cdot (\tau_i)^2 & \sum \tau^3 & \sum T_i \cdot (\tau_i)^3 & \sum (T_i)^2 \cdot (\tau_i)^2 & \sum \tau^4 \end{bmatrix}$$

$$C := \begin{bmatrix} \sum G \\ \sum_i G_i \cdot T_i \\ \sum_i G_i \cdot \tau_i \\ \sum_i G_i \cdot T_i \cdot \tau_i \\ \sum_i G_i \cdot (T_i)^2 \\ \sum_i G_i \cdot (\tau_i)^2 \end{bmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 16.822 \\ 316.21 \\ 247.483 \\ 3.913 \times 10^3 \\ 6.231 \times 10^3 \\ 1.075 \times 10^4 \end{pmatrix}$$

$$a := A^{-1} \cdot C \quad a = \begin{pmatrix} 0.025 \\ 0.117 \\ -0.064 \\ 4.221 \times 10^{-3} \\ -3.219 \times 10^{-3} \\ 3.541 \times 10^{-4} \end{pmatrix}$$

$$F1(x1, x2) := a_0 + a_1 \cdot x1 + a_2 \cdot x2 + a_3 \cdot x1 \cdot x2 + a_4 \cdot x1^2 + a_5 \cdot x2^2$$

$$SKP1 := \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N-1} (G_i - F1(T_i, \tau_i))^2}{N - 2}} \quad SKP1 = 0.317$$

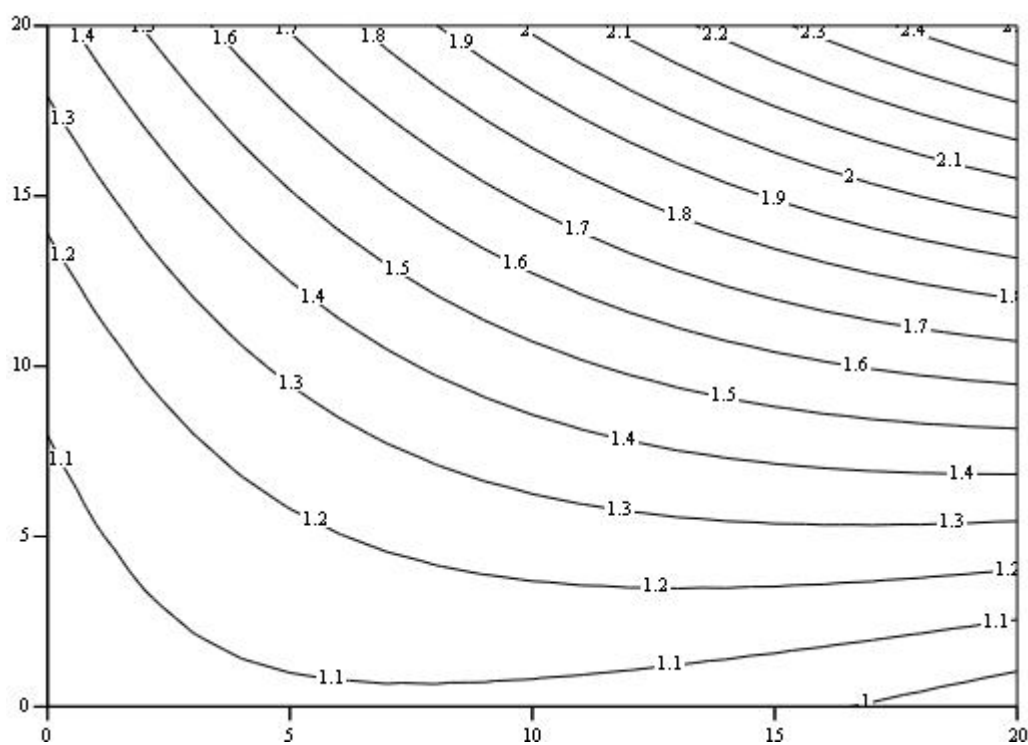
	0	$F1(T_i, \tau_i) =$	$G_i - F1(T_i, \tau_i) =$
	0	1.053	0.072
	1	1.058	-0.102
	2	1.1	0.672
	3	1.15	-0.188
	4	1.249	-0.23
	5	2.393	0.031
	6	1.074	-0.018
	7	1.085	-0.502
	8	1.14	0.313
	9	1.434	-0.174
	10	0.934	0.114
	11	0.955	-0.317
	12	1.063	0.39
	13	1.107	-0.034

$$a1 := 15 \quad b1 := 25 \quad a2 := 0 \quad b2 := 30 \quad mn := 20 \quad i1 := 0..mn \quad j1 := 0..mn$$

$$h1 := \frac{b1 - a1}{mn} \quad h2 := \frac{b2 - a2}{mn}$$

$$p1_{i1} := a1 + h1 \cdot i1 \quad p2_{j1} := a2 + h2 \cdot j1$$

$$Ff_{i1,j1} := F1(p1_{i1}, p2_{j1})$$



Ff

Рис.4. Лінії рівня осадження в координатах концентрації спирту і часу осадження.

Одержані залежності осадження ВМ інуліну від концентрації етанолу в розчині і часу осадження не дозволяють визначити якісь оптимальні строки чи концентрації, так як являються лінійними. Тому для оптимізації процесу були виділені критерії важливості виходячи із 1- загальна важливість, де: 0,5- важливість виходу ВМІ, 0,2 – час процесу і 0,3 – концентрація етанолу.

Визначення оптимальних параметрів процесу. Програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона.

```

HAR (FN , D, fn , z) :=
  FP ← -ln(-ln(D))
  if z = 1
    if fn < FN0
      fb ← D0
      break
    if fn > FN5
      fb ← D5
      break
    for i ∈ 0, 1.. 5
      if fn = FNi
        fb ← Di
        break
      if fn < FNi+1
        fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
        fb ← e-e-fp
        break
  otherwise
    if fn > FN0
      fb ← D0
      break
    if fn < FN5
      fb ← D5
      break
    for i ∈ 0, 1.. 5
      if fn = FNi
        fb ← Di
        break
      if fn > FNi+1
        fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
        fb ← e-e-fp
        break
  fb

```

**Інтервали бажаності:** дуже погано, погано, задовільно, добре і дуже добре

$$D := (0.01 \ 0.2 \ 0.37 \ 0.63 \ 0.8 \ 0.99)^T$$

Для витрат спирту

$$IBT := (25 \ 22 \ 20 \ 18 \ 15 \ 10)^T$$

Для часу процесу

$$IB\tau := (6 \ 3 \ 2 \ 1.5 \ 0.8 \ 0.5)^T$$

Для виходу інуліну

$$IBG := (0.8 \ 1.3 \ 1.7 \ 2 \ 2.3 \ 3)^T$$

$$a1 := 10$$

$$b1 := 25$$

$$a2 := 0.5$$

$$b2 := 6$$

$$nn := 20$$

$$i1 := 0..nn$$

$$j1 := 0..nn$$

$$hT := \frac{b1 - a1}{nn}$$

$$h\tau := \frac{b2 - a2}{nn}$$

$$pT_{i1} := a1 + hT \cdot i1$$

$$p\tau_{j1} := a2 + h\tau \cdot j1$$

$$Y1_{i1,j1} := F1(pT_{i1}, p\tau_{j1})$$

$$ff1_{i1,j1} := HAR(IBG, D, Y1_{i1,j1}, 1)$$

$$ff2_{i1,j1} := HAR(IBT, D, pT_{i1}, 0)$$

$$ff3_{i1,j1} := HAR(IB\tau, D, p\tau_{j1}, 0)$$

	0
0	10
1	10.75
2	11.5
3	12.25
4	13
5	13.75
6	14.5
7	15.25
8	16
9	16.75
10	17.5
11	18.25
12	19
13	19.75
14	20.5
15	21.25
16	22
17	22.75
18	23.5
19	24.25
20	25

	0
0	0.5
1	0.775
2	1.05
3	1.325
4	1.6
5	1.875
6	2.15
7	2.425
8	2.7
9	2.975
10	3.25
11	3.525
12	3.8
13	4.075
14	4.35
15	4.625
16	4.9
17	5.175
18	5.45
19	5.725
20	6

Форма узагальненого критерію

$$F_{yz} = f1^{\lambda1} \cdot f2^{\lambda2} \cdot f3^{\lambda3} \quad \rightarrow \max$$

Вагові коефіцієнти

$$\lambda1 := 0.5$$

$$\lambda2 := 0.3$$

$$\lambda3 := 0.2$$

$$Ff_{i1,j1} := (ff1_{i1,j1})^{\lambda1} \cdot (ff2_{i1,j1})^{\lambda2} \cdot (ff3_{i1,j1})^{\lambda3}$$

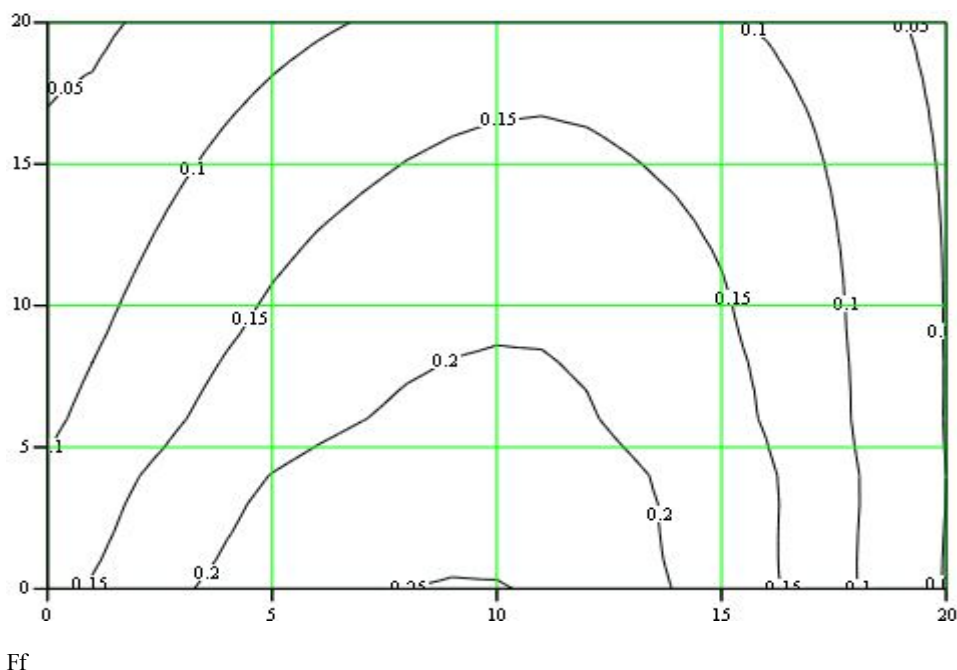


Рис.5.  
Криві  
оптимізації.

Програма знаходження максимального значення критерія оптимальності з двовимірною масиву:

```

OPT2(F,n,a1,a2,h1,h2) :=
  MA ← F0,0
  im ← 0
  jm ← 0
  for i1 ∈ 0..n-1
    for j1 ∈ 0..n-1
      if Fi1,j1 > MA
        MA ← Fi1,j1
        im ← i1
        jm ← j1
  x1m ← a1 + h1·(im)
  x2m ← a2 + h2·(jm)
  z0 ← MA
  z1 ← x1m
  z2 ← x2m
  z

```

$$\text{OPT2}(Ff, nn, a1, a2, hT, h\tau) = \begin{pmatrix} 0.253 \\ 16.75 \\ 0.5 \end{pmatrix}$$

$$F1(16.75, 0.5) = 1.083$$

Таким чином оптимальними параметрами виходу ВМ інуліну при максимальному значенні узагальненого критерію  $F(x)=0,253$  будуть: концентрація етанолу 16,75% і час осадження 0,5 год. При цьому інтегральний вихід ВМ інуліну складе 1,083.

## Додаток Б



ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Голова науково-виробничого  
 сільськогосподарського товариства  
 закритого типу «Українська нива»  
 Гнатенко А.М.  
 «25» 09 1998 р.

## АКТ № 1

**випробувань результатів дослідницьких робіт по організації ділянки  
 виділення інуліну із інулінвмісної сировини.**

Комісія у складі: голова комісії - Гнатенко А.М., голова науково-виробничого сільськогосподарського товариства закритого типу «Українська нива» і члени комісії директор консервного заводу Прокоф'єва В.М., головний механік консервного заводу Петровщенко А.М., докторанти УДУХТ Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., аспірант УДУХТ Гнатенко М.А., інженери Воронова І.М. та Чумакова О.В., що діє на основі наказу по науково-виробничому сільськогосподарському товариству закритого типу № 19 від 23 серпня 1998 р., провела випробування роботи лінії по виробництву інуліну, створеної на базі консервного заводу, що складається із :

1. приймальний бункер;
2. мийка;
3. подрібнювач - диспергатор;
4. фільтруюча центрифуга;
5. ємкість для охолодження та осадження;
6. відстійна центрифуга;
7. сушка.

В результаті проведених випробувань встановлено слідує:



1. Змонтована лінія потужністю 5 тон сировини на добу показала технологічну і експлуатаційну придатність для отримання якісного інуліну із кульбаби лікарської. Вихід кінцевого продукту склав 9,8 % по масі сировини, при вологості 6 %, зольності 0,13 % . Вміст інуліну у готовому продукті 95,6%.
2. Було перероблено 150 кг коренів кульбаби лікарської і отримано 11,3 кг кінцевого продукту - інуліну.
3. В умовах лабораторії були досліджені фізико-хімічні властивості отриманих зразків: зольність, розчинність, в'язкість водних розчинів, ІК- та КР- спектральні характеристики, термогравіметричні характеристики, молекулярна маса і молекулярно-масовий розподіл.

Комісія рекомендує:

1. Вважати змонтовану лінію придатною для виробництва у промисловому масштабі високомолекулярного інуліну із кульбаби лікарської, який може бути використаний у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях.
2. Отриманий продукт передати на дослідження біологічної активності у медичні організації.

Голова комісії:



А.М.Гнатенко

Члени комісії:



Прокоф'єва В.М.

Петровщенко А.М.



Грушецький Р.І.



Гріненко І.Г.



Гнатенко М.А.



Воронова І.М.



Чумакова О.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова науково-виробничого  
сільськогосподарського товариства  
закритого типу «Українська нива»  
Гнатенко А.М.

*(Handwritten signature)*  
«27» 09 1998р.

## АКТ № 2

### випробувань результатів дослідницьких робіт по організації ділянки виділення інуліну із інулінвмісної сировини.

Комісія у складі: голова комісії - Гнатенко А.М., голова науково-виробничого сільськогосподарського товариства закритого типу «Українська нива» і члени комісії директор консервного заводу Прокоф'єва В.М., головний механік консервного заводу Петровщенко А.М., докторанти УДУХТ Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., аспірант УДУХТ Гнатенко М.А., інженери Воронова І.М. та Чумакова О.В., що діє на основі наказу по науково-виробничому сільськогосподарському товариству закритого типу № 19 від 23 серпня 1998 р., провела випробування роботи лінії по виробництву інуліну, створеної на базі консервного заводу, що складається із :

- 6 приймальний бункер;
- 7 мийка;
- 8 подрібнювач - диспергатор;
- 9 фільтруюча центрифуга;
- 10 ємкість для охолодження та осадження;
- 11 відстійна центрифуга;
- 12 сушка.

В результаті проведених випробувань встановлено наступне:

2. Змонтована лінія потужністю 5 тон сировини на добу показала технологічну і експлуатаційну придатність для отримання якісного інуліну із топінамбуру. Вихід кінцевого продукту склав 3 % по масі

сировини, при вологості 6 %, зольності 0,17 % . Вміст інуліну у готовому продукті 95,5%.

2. Було перероблено 1500 кг клубнів топінамбуру і отримано 45 кг кінцевого продукту - інуліну.

3. В умовах лабораторії були досліджені фізико-хімічні властивості отриманих зразків: зольність, розчинність, в'язкість водних розчинів, ІК- та КР- спектральні характеристики, термогравіметричні характеристики, молекулярна маса і молекулярно-масовий розподіл.

Комісія рекомендує:

1. Вважати змонтовану лінію придатною для виробництва у промисловому масштабі високомолекулярного інуліну із топінамбура, який може бути використаний у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях.

2. Отриманий продукт передати на дослідження біологічної активності у медичні організації.

Голова комісії:



А.М.Гнатенко

Члени комісії:



Прокоф'єва В.М.



Петровщенко А.М.



Грушецький Р.І.



Гріненко І.Г.



Гнатенко М.А.



Воронова І.М.



Чумакова О.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Голова науково-виробничого  
 сільськогосподарського товариства  
 закритого типу «Українська ніва»  
 Гнатенко А.М.  
 «25» 09 1998 р.

### АКТ № 3

#### **випробувань результатів дослідницьких робіт по організації ділянки виділення інуліну із інулінвмісної сировини.**

Комісія у складі: голова комісії - Гнатенко А.М., голова науково-виробничого сільськогосподарського товариства закритого типу «Українська ніва» і члени комісії директор консервного заводу Прокоф'єва В.М., головний механік консервного заводу Петровченко А.М., докторанти УДУХТ Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., аспірант УДУХТ Гнатенко М.А., інженери Воронова І.М. та Чумакова О.В., що діє на основі наказу по науково-виробничому сільськогосподарському товариству закритого типу № 19 від 23 серпня 1998 р., провела випробування роботи лінії по виробництву інуліну, створеної на базі консервного заводу, що складається із :

1. приймальний бункер;
2. мийка;
3. подрібнювач - диспергатор;
4. фільтруюча центрифуга;
5. ємкість для охолодження та осадження;
6. відстійна центрифуга;
7. сушка.

В результаті проведених випробувань встановлено слідує:

1. Змонтована лінія потужністю 5 тон сировини на добу показала технологічну і експлуатаційну придатність для отримання якісного

інуліну із оману (дев'ясилу). Вихід кінцевого продукту склав 6 % по масі сировини, при вологості 6 %, зольності 0,19 % . Вміст інуліну у готовому продукті 94,4%.

2. Було перероблено 50 кг коренів оману і отримано 3 кг кінцевого продукту - інуліну.

3. В умовах лабораторії були досліджені фізико-хімічні властивості отриманих зразків: зольність, розчинність, в'язкість водних розчинів, ІК- та КР- спектральні характеристики, термогравіметричні характеристики, молекулярна маса і молекулярно-масовий розподіл.

Комісія рекомендує:

1. Вважати змонтовану лінію придатною для виробництва у промисловому масштабі високомолекулярного інуліну із оману, який може бути використаний у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях.

2. Отриманий продукт передати на дослідження біологічної активності у медичні організації.

Голова комісії:



А.М.Гнатенко

Члени комісії:



Прокоф'єва В.М.



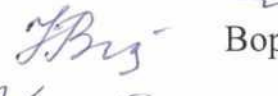
Петровщенко А.М.



Грушецький Р.І.



Гріненко І.Г.



Гнатенко М.А.



Воронова І.М.



Чумакова О.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова науково-виробничого  
сільськогосподарського товариства  
закритого типу «Українська нива»

Гнатенко А.М.  
«11» 10 1998 р.

**АКТ № 4**  
**випробувань результатів дослідницьких робіт**  
**по організації ділянки виділення інуліну**  
**із інулінвмісної сировини.**

Комісія у складі: голова комісії - Гнатенко А.М., голова науково-виробничого сільськогосподарського товариства закритого типу «Українська нива» і члени комісії директор консервного заводу Прокоф'єва В.М., головний механік консервного заводу Петровщенко А.М., докторанти УДУХТ Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., аспірант УДУХТ Гнатенко М.А., інженери Воронова І.М. та Чумакова О.В., що діє на основі наказу по науково-виробничому сільськогосподарському товариству закритого типу № 19 від 23 серпня 1998 р., провела випробування роботи лінії по виробництву інуліну, створеної на базі консервного заводу, що складається із:

1. приймальний бункер;
2. мийка;
3. подрібнювач - диспергатор;
4. фільтруюча центрифуга;
5. ємкість для охолодження та осадження;
6. відстійна центрифуга;
7. сушка.

В результаті проведених випробувань встановлено наступне:

1. Змонтована лінія потужністю 5 тон сировини на добу показала технологічну і експлуатаційну придатність для отримання якісного інуліну із лопуха великого. Вихід кінцевого продукту склав 4,2 % по масі

сировини, при вологості 6 %, зольності 0,20 % . Вміст інуліну у готовому продукті 93,4%.

2. Було перероблено 100 кг коренів лопуха великого і отримано 4,2 кг кінцевого продукту - інуліну.

3. В умовах лабораторії були досліджені фізико-хімічні властивості отриманих зразків: зольність, розчинність, в'язкість водних розчинів, ІК- та КР- спектральні характеристики, термогравіметричні характеристики, молекулярна маса і молекулярно-масовий розподіл.

Комісія рекомендує:

1. Вважати змонтовану лінію придатною для виробництва у промисловому масштабі високомолекулярного інуліну із лопуха великого, який може бути використаний у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях.

2. Отриманий продукт передати на дослідження біологічної активності у медичні організації.

Голова комісії:



А.М.Гнатенко

Члени комісії:



Прокоф'єва В.М.

Петровщенко А.М.



Грушецький Р.І.



Гріненко І.Г.



Гнатенко М.А.



Воронова І.М.



Чумакова О.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова науково-виробничого  
сільськогосподарського товариства  
закритого типу «Українська нива»

Гнатенко А.М.  
«15» 09 1998 р.

### АКТ № 6

#### **випробувань результатів дослідницьких робіт по організації ділянки виділення інуліну із інулінвмісної сировини.**

Комісія у складі: голова комісії - Гнатенко А.М., голова науково-виробничого сільськогосподарського товариства закритого типу «Українська нива» і члени комісії директор консервного заводу Прокоф'єва В.М., головний механік консервного заводу Петровщенко А.М., докторанти УДУХТ Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., аспірант УДУХТ Гнатенко М.А., інженери Воронова І.М. та Чумакова О.В., що діє на основі наказу по науково-виробничому сільськогосподарському товариству закритого типу №18 від 01 серпня 1998 р., провела випробування роботи лінії по виробництву інуліну, створеної на базі консервного заводу, що складається із:

- приймальний бункер;
- мийка;
- подрібнювач - диспергатор;
- фільтруюча центрифуга;
- ємкість для охолодження та осадження;
- відстійна центрифуга;
- сушка.

В результаті проведених випробувань встановлено наступне:

Змонтована лінія потужністю 5 тон сировини на добу показала технологічну і експлуатаційну придатність для отримання якісного інуліну із цикорію. Вихід кінцевого продукту склав 10,2 % по масі сировини, при вологості 6 %, зольності 0,17 % . Вміст інуліну у готовому продукті 95,5%.

2. Було перероблено 500 кг коренів цикорію і отримано 51 кг кінцевого продукту - інуліну.



3. В умовах лабораторії були досліджені фізико-хімічні властивості отриманих зразків: зольність, розчинність, в'язкість водних розчинів, ІК- та КР- спектральні характеристики, термогравіметричні характеристики, молекулярна маса і молекулярно-масовий розподіл.

Комісія рекомендує:

1. Вважати змонтовану лінію придатною для виробництва у промисловому масштабі високомолекулярного інуліну із цикорію, який може бути використаний у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях.

2. Отриманий продукт передати на дослідження біологічної активності у медичні організації.

Голова комісії:



А.М.Гнатенко

Члени комісії:



Прокоф'єва В.М.



Петровченко А.М.



Грушецький Р.І.



Гріненко І.Г.



Гнатенко М.А.



Воронова І.М.



Чумакова О.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова науково-виробничого  
сільськогосподарського товариства  
закритого типу «Українська нива»

Гнатенко А.М.


 «15» 09 1998 р.
**АКТ № 7**

**випробувань результатів дослідницьких робіт по організації ділянки  
виділення інуліну із інулінвмісної сировини.**

Комісія у складі: голова комісії - Гнатенко А.М., голова науково-виробничого сільськогосподарського товариства закритого типу «Українська нива» і члени комісії директор консервного заводу Прокоф'єва В.М., головний механік консервного заводу Петровщенко А.М., докторанти УДУХТ Грушецький Р.І., Гриненко І.Г., аспірант УДУХТ Гнатенко М.А., інженери Воронова І.М. та Чумакова О.В., що діє на основі наказу по науково-виробничому сільськогосподарському товариству закритого типу № 18 від 01 серпня 1998 р., провела випробування роботи лінії по виробництву інуліну, створеної на базі консервного заводу, що складається із :

- приймальний бункер;
- мийка;
- подрібнювач - диспергатор;
- фільтруюча центрифуга;
- ємкість для охолодження та осадження;
- відстійна центрифуга;
- сушка.

В результаті проведених випробувань встановлено наступне:

1. Змонтована лінія потужністю 5 тон сировини на добу показала технологічну і експлуатаційну придатність для отримання якісного інуліну із скорцонери. Вихід кінцевого продукту склав 10,4 % по масі сировини, при вологості 6 %, зольності 0,17 % . Вміст інуліну у готовому продукті 96,4%.
2. Було перероблено 100 кг коренів оману і отримано 10,4 кг кінцевого продукту - інуліну.
3. В умовах лабораторії були досліджені фізико-хімічні властивості отриманих зразків: зольність, розчинність, в'язкість водних розчинів, ІК- та КР- спектральні характеристики, термогравіметричні характеристики, молекулярна маса і молекулярно-масовий розподіл.

Комісія рекомендує:

1. Вважати змонтовану лінію придатною для виробництва у промисловому масштабі високомолекулярного інуліну із скорцонери, який може бути використаний у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловостях.
2. Отриманий продукт передати на дослідження біологічної активності у медичні організації.

Голова комісії:



А.М.Гнатенко

Члени комісії:



Прокоф'єва В.М.



Петровщенко А.М.



Грушецький Р.І.



Гріненко І.Г.



Гнатенко М.А.



Воронова І.М.



Чумакова О.В.

## Додаток В

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

2-го ім. Петровського ц/з

Осипенко В.В.



### АКТ ВИПРОБУВАННЯ

Комісія в складі головного інженера 2-го ім. Петровського ц/з Цюкало Ю.Ф., головного механіка 2-го ім. Петровського ц/з Котляра Л.В., гол. технолога 2-го ім. Петровського ц/з Рули Є.М., ст.н.с. ПНДЛ НУХТ Грушецького Р.І., ст.н.с. ПНДЛ НУХТ Гриненко І.Г., інж. ПНДЛ НУХТ Чумакової О.В., склали цей акт про наступнє:

На базі 2-го ім. Петровського ц/з у 1995р змонтована та пущена в експлуатацію виробнича лінія по виробництву високомолекулярного інуліну за технологією, розробленою співробітниками ПНДЛ НУХТ. Виробнича потужність лінії дозволяє переробляти десять тон інулінвмістної сировини на годину.

Лінія змонтована за наступною технологічною схемою: прийомний бункер - грабельний транспортер - мийка - шнек - подрібнювач - пак-прес - прийомник соку — фільтр-прес — кристалізатор — ємність для промивки осаду — фільтр-прес для відділення осаду - сушилка.

Дана лінія дозволяє переробляти будь-яку інулінвмістну сировину (бульби топінамбура, корені цикорію, кульбаби, лопуха і т.п.) із середнім виходом високомолекулярного інуліну 80% від його початкового вмісту в сировині. За якісними показниками одержуваний інулін відповідає вимогам Українського НТД: ТУУ 19116716.001.97

Масова доля інуліну: -91,1 %;

Масова доля вологи: - 6,4 %

Масова доля золи: - 1,75 %

Вміст токсичних елементів, мг/кг: свинець: 0,01, кадмій - 0,001, миш'як – 0,002, ртуть - 0,001, мідь - 1,5, цинк - 2,6.

Економічний ефект впровадження - 835 грн на одну тону переробленої сировини.

Комісія:

Гол. інженер

 Цюкало Ю.Ф.

Гол. механік

 Котляр Л.В.

Гол. технолог

 Рула Є.М.

Ст.н.с. ПНДЛ НУХТ

 Грушецький Р.І.

Ст.н.с. ПНДЛ НУХТ

 Гриненко І.Г.

Інж. ПНДЛ НУХТ

 Чумакова О.В.



Додаток Г

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Дійсним актом МП ТОВ „Інулін, лтд” підтверджує, що з 1998 року, за розробленими співробітниками ПНДЛ НУХТ Грушецьким Р.І., Гриненко І.Г. та ін. технологіями одержання високомолекулярного інуліну, підприємство на своїй промисловій базі виробляє високомолекулярний інулін згідно ТУУ 19116716.001-97 „Фітодіабетін” (інулін харчовий) із клубнів топінамбура, та ТУУ 19116716.002-98 „Інулін рослинний харчовий”.

На основі цих інулінів, МП ТОВ „Інулін, лтд” виробляє слідууючу продукцію:

Згідно ТУУ 19116716.003-98 на концентрати інулінові ягідні, плодови (з соками обліпихи, калини, агруса, смородини, чорниці, черноплідної горобини, вишні, сливи, абрикоса, малини, кизила, яблук, бузини) та овочеві (з соками селери, петрушки, буряка червоного, пастернаку, гарбуза, моркви, кабачка, капусти).

Згідно ТУУ 19116716.003-98 „Біологічно активні харчові добавки „ФІТОІМПЕРІАЛ” на основі інуліну с добавкою екстрактів шипшини, календули, солодки голої, кропиви, м'яти, меліси, липи, лепехи, глоду.

Економічний ефект від випуску продукції складає:

Для інулінів згідно ТУУ 19116716.001-97 „Фітодіабетін” (інулін харчовий) із клубнів топінамбура, та ТУУ 19116716.002-98 „Інулін рослинний харчовий” - 27 грн на 1 кг продукта;

Для концентратів інулінових ягідних, плодових та овочевих згідно ТУУ 19116716.003-98 - 15 грн на 1 кг продукта;

Для біологічно активних харчових добавок „ФІТОІМПЕРІАЛ” на основі інуліну згідно ТУУ 19116716.003-98 - 25 грн на 1 кг продукта.

Технічний директор  
МП ТОВ "Інулін, лтд"  
Гол. Бухгалтер

  
  
  
І.Г.Гриненко  
С.Л.Луч

## Додаток Г

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Дійсним актом ТОВ „НВП, Інулан, лтд” підтверджує, що з 2016 року, за розробленими співробітниками Грушецьким Р.І., Гриненко І.Г. технологіями одержання високомолекулярного інуліну, підприємство на своїй промисловій базі виробляє високомолекулярний інулін згідно ТУУ 19116716.001-97 „Фітодіабетін” (інулін харчовий) із клубнів топінамбура, та ТУУ 19116716.002-98 „Інулін рослинний харчовий”.

На основі цих інулінів, ТОВ „НВП, Інулан, лтд” виробляє слідуєчу продукцію:

Згідно ТУУ 19116716.003-98 на концентрати інулінові ягідні, плодові (з соками обліпихи, калини, агруса, смородини, чорниці, черноплідної горобини, вишні, сливи, абрикоса, малини, кизила, яблук, бузини) та овочеві (з соками селери, петрушки, буряка червоного, пастернаку, гарбуза, моркви, кабачка, капусти).

Згідно ТУУ 19116716.003-98 „Біологічно активні харчові добавки „ФІТОІМПЕРІАЛ” на основі інуліну с добавкою екстрактів шипшини, календули, солодки голої, кропиви, м'яти, меліси, липи, лепехи, глоду.

БАДи на основі інуліну направленої дії (вміст інуліну не менше 50%), що виготовляються за документацією ТУ У 15.8 – 19116716.005-2003 та ТУ У 15.8 35633283-001 2009, а саме:

- протидіабетичний продукт;
- продукт для профілактики артритів і артрозів;
- продукт для покращення обмінних процесів і покращення зору;
- продукт для покращення ліпідного та вуглеводного обмінів;
- продукт для покращення мінерального обміну;
- продукт для лікування ожиріння;
- продукт для лікування алкоголізму;

- продукт для лікування і профілактики сечокам'яної і жовчнокам'яної хвороб.

Середня ціна на порошки інулінів становить 130 гривень за 1 кг, середня ціна на порошки концентратів інулінових становить 80 гривень, ціна на порошки БАДів на основі інуліну становить 110 гривень.

Технічний директор  
ТОВ "НВП, Інулан,ЛТД"

Гриненко І.Г.



Додаток Д

## АКТ

Дійсним актом засвідчується, що ПП „Апіпродукт” використовує інулін рослинний харчовий згідно ТУУ 19116716.002-98 „Інулін рослинний харчовий” для виробництва біологічно-активної харчової добавки „Зеленні манни”, за ТУ У 30180024.005-2000 „Біологічно активна добавка - пилок квітковий збагачений”.

Вміст інуліну в біологічно-активній харчовій добавці складає 25 % від загальної маси діючих речовин. Продукція випускається у вигляді капсул по 0,5 г.

На продукцію одержано гігієнічний висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи на вітчизняну продукцію за № 5.08.07/3960 від 21.09.2000 року.

Директор

ПП «АППРОДУКТ»

Протас О.Ф.



**Додаток Е****ВЛИЯНИЕ ИНУЛИНА НА УГЛЕВОДНЫЙ И ЛИПИДНЫЙ ОБМЕН У  
БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ II ТИПА**

Д.м.н. Н.М.Павлюк

Киевский НИИ эндокринологии и обмен веществ АМН Украины

Среди заболеваний эндокринной системы сахарный диабет занимает ведущее место. Достаточно сказать, что в Украине около 7% населения страдает сахарным диабетом. Подавляющее большинство из них (90%) страдает так называемым инсулиннезависимым сахарным диабетом, развитие которого обусловлено относительной недостаточностью инсулина в организме. Этот диабет иначе называется диабетом II типа. Этой формой диабета страдают люди старшего возраста, после 40 лет. Инсулиннезависимый диабет, или диабет I типа, характеризуется абсолютной недостаточностью инсулина в результате падения функции инсулярного аппарата поджелудочной железы.

Профилактика и лечение этих двух типов диабета, учитывая различный патогенез их формирования, разные. При диабете II типа хороший терапевтический эффект на длительное время можно получить только с помощью диеты или же диеты и пероральных сахароснижающих средств. При диабете I типа обязательна терапия инсулином, хотя соблюдение диеты также является необходимым условием достижения компенсации заболевания. При этом пероральные сахароснижающие препараты абсолютно неэффективны.

С целью компенсации углеводного обмена при диабете II типа наряду с диетой применяются сахароснижающие сульфаниламиды, бигуаниды, а нередко и отвары различных трав, обладающих сахароснижающим эффектом (арфазитин). Механизм действия этих препаратов обусловлен их стимулирующим действием на функцию В-клеток поджелудочной железы, повышением биологической активности инсулина на периферии и инсулиноподобным их действием. При этом побочный

эффект от длительного применения этих препаратов бывает сравнительно редко. Вместе с тем применение сахароснижающих пероральных средств не предупреждает развития осложнений сахарного диабета – ангиопатий и нейропатий, так как они не влияют на процессы обмена липидов. Поэтому до настоящего времени поиск новых препаратов особенно растительного происхождения, которые оказывали бы положительное влияние не только на обмен глюкозы, но и регулировали другие виды обмена, продолжается.

Важность поисков новых лекарственных средств, регулирующих липидный обмен, обусловлена тем, что основной причиной смерти больных диабетом является сосудистая патология. Как при диабете I, так и II типа в процессе болезни возникают сосудистые осложнения, сопровождающиеся нарушениями функции почек, ретинопатий, облитерацией сосудов нижних конечностей с вытекающими отсюда последствиями. Поэтому важное место в лечебных мероприятиях при диабете занимают вопросы регуляции липидного обмена - основной причины формирования сосудистых поражений.

Нами предпринята попытка изучить влияние полисахарида инулина играющего, как известно, важную роль в обменных процессах, на глюкозный и липидный обмен у больных с инсулиннезависимым сахарным диабетом. Поскольку диабет относится к заболеваниям обмена, инулин может оказывать положительный эффект у этих больных, учитывая его влияние на метаболизм у здоровых людей.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами обследовано 25 больных сахарным диабетом II типа в возрасте от 45 до 65 лет. Женщин было 11, мужчин — 14. Средняя длительность заболевания составляла  $5,8 \pm 1,7$  года, диабет легкой формы наблюдался у 8, среднетяжелая форма - у 17 человек.

У 7 из 25 обследованных наряду с диабетом имел место хронический гепато-холецисто-панкреатит в стадии ремиссии, а у 8 - на

протяжении последних 3-х лет наблюдалась гипертоническая болезнь. У всех больных в той или иной степени выраженности имели место симптомы, характерные для ангиопатий и нейропатий (ухудшение памяти, зрения, общая слабость, зябкость в области ступней ног, перемежающаяся хромота, головные боли, снижение чувствительности особенно на нижних конечностях, шум в голове и пр.).

Сахарный диабет в состоянии компенсации на время обследования был у 19, субкомпенсации - у 6 больных.

Для компенсации диабета только диетой пользовались 6 больных, диетой и пероральными сахароснижающими таблетками - 16 и диетой с отваром трав - 8 больных.

Определение содержания глюкозы в крови проводили ортотулоидинозным методом, холестерин сыворотки крови определяли ферментным методом и триглицеридов - ферментным методом с использованием прибора рефлотрона.

Обследование проводилось до лечения и после проведения курса лечения инулином из расчета 1 чайная ложка сухого вещества два раза в день. Сухой инулин растворяли перед употреблением в 150-200 мл теплой воды (до 70 °С).

Полученные данные подвергнуты статистической обработке.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование гликемии на тощак до и после проведения курса лечения инулином в амбулаторных условиях выявило положительное его влияние на уровень глюкозы в крови. Так на фоне неизменной терапии сахароснижающими средствами, стабильной диеты уровень глюкозы в крови после лечения снизился в среднем до 7,44 ммоль/л тогда как до лечения он составлял 10,13±0,94 ммоль/л /P/0,05/.

Таким образом, инулин способствует улучшению усвояемости глюкозы у больных сахарным диабетом инсулиннезависимой формы.

Уровень триглицеридов в сыворотке крови после проведения курса лечения инулином также заметно снижался. Так если до лечения среднее содержание триглицеридов в сыворотке крови больных диабетом составляло  $2,41 \pm 0,18$  ммоль/л, то после приема препарата средние показатели снижались до  $1,86 \pm 0,11$  ммоль/л, что достоверно ниже  $P/0,01/$ . Однако по сравнению с контролем уровень триглицеридов оставался повышенным как до, так и после приема инулина ( $1,05 \pm 0,16$  ммоль/л в контроле,  $P/0,01$  и  $P/0,05$  соответственно).

Интересные данные были получены при исследовании холестерина в сыворотке крови, основного фактора развития атеросклероза при диабете. Оказалось, что под влиянием инулина уровень сывороточного холестерина также снижался и составлял в среднем  $5,09 \pm 0,17$  ммоль/л, тогда как до лечения средние показатели составляли  $6,13 \pm 0,29$  ммоль/л ( $P/0,05$ ). По сравнению с контролем, как и уровень триглицеридов, содержание в сыворотке холестерина у обследованных нами больных продолжало оставаться высоким ( $4,07 \pm 0,13$  ммоль/л в контроле,  $P/0,01$  и  $P/0,001$  соответственно до и до лечения).

Таким образом, инулин способствует снижению уровня в сыворотке крови при диабете как триглицеридов, так и холестерина. Так как развитие атеросклероза во многом обусловлено именно высоким содержанием в крови этих липидов, можно предположить, что инулин способен предупреждать развитие атеросклеротического процесса у больных сахарным диабетом II типа.

Полученные нами данные позволяют утверждать, что инулин обладает сахароснижающим эффектом. Гипогликемизирующий эффект вероятно заложен в способности последнего улучшать метаболизм глюкозы на уровне клетки. Не исключено также влияние его на биологический эффект инсулина, который при диабете II типа, как известно, значительно снижается. Если при этом учесть, что инулин, как и инсулин, обладает свойством выводить радионуклиды из организма, то

наиболее приемлемым является именно первый механизм его влияния на гликемию.

Что касается изменений в липидном обмене, то полученный эффект можно объяснить как улучшением метаболизма глюкозы, так и улучшением обменных процессов в печени, которая является основным поставщиком липидов в кровь.

### ВЫВОДЫ

2. Инулин обладает умеренно выраженным гипогликемизирующим эффектом и может применяться у больных сахарным диабетом как сахароснижающее средство.
3. Инулин способствует снижению в крови больных диабетом II типа уровня холестерина и триглицеридов, что позволяет рекомендовать его в качестве профилактического средства для предупреждения сосудистых поражений при инсулиннезависимом диабете.

Д.м.н.

29/IV-1997г



## ВИСНОВОК

### стосовно можливості використання інуліну в лікувально-профілактичному і дієтичному харчуванні

В останні роки в Україні розроблено технологію одержання інуліну з рослинної сировини (ТУ У 19116716.002-98) та концентратів інулінових ягідних, плодових і овочевих (ТУ У 19116716.003-98). Інουλін – полісахарид рослинного походження, що входить до складу багатьох їстівних та лікарських рослин, які з давніх часів використовувалися людиною для харчування та лікування. При оральному вживанні інуліну, він проходить незмінним усю верхню частину кишково-шлункового тракту і ферментується лише в товстому кишечнику.

З їстівних та лікарських рослин на інулін багаті бульби топінамбуру (16- 20%), коріння цикорію (15-20%), часнику (9-16%), суцвіття артишоку (3-10%), коріння кульбаби лікарської (до 10%), коріння оману високого (10-12%) та ін.. Представлені матеріали свідчать, що зі згаданої вище сировини в МП ТОВ «Інулін, ЛТД» розроблено технологію в результаті якої отримують продукт з вмістом понад 90% інуліну і до 8% вологи («Інулін рослинний харчовий»). При поєднанні інуліну з плодово-овочевими соками отримують продукти, які містять значну кількість вітамінів, мінеральних речовин та органічних кислот («Концентрати інулінові ягідні, плодові і овочеві»).

В ряді лікувальних закладів нашої країни проведені дослідження стосовно біологічної дії інуліну. Аналіз представлених матеріалів свідчить про позитивну роль інуліну в терапії ряду захворювань. Так, результати досліджень Республіканської клінічної лікарні свідчать про помітне зниження показників ліпідного обміну (загальних ліпідів, холестерину, холестерину ліпопротеїдів низької густини, коефіцієнта атерогенності). Крім того, відмічена нормалізація рівня печінкових показників. При клінічному нагляді за хворими із різними проявами ішемічної хвороби серця, які на протязі року щоденно приймали 1 чайну ложку інуліну (5 г) під час сніданку або 3 чайні ложки «Фрутафіт» було встановлено слідуюче. Хворі цієї групи на протязі року не потрапляли на стаціонарне лікування по швидкій допомозі, що спостерігалось раніше в попередні роки. Гострі прояви ішемічної хвороби серця (прогресуюча стенокардія – передінфарктний стан, недостатність кровообігу – набряк легень, гострий інфаркт міокарда, раптова смерть) – були вкрай випадкові. Особливо це було відмічено у хворих з супутнім цукровим діабетом, так як саме ці хворі складають основну групу ризику стосовно гострого інфаркту міокарду та раптової смерті. Саме у цих хворих відмічена стійка стабілізація рівня глюкози у крові на тлі частого зниження і дози цукрознижуючих препаратів та зниження рівня ліпідів крові. Цей досвід застосування інуліну дозволяє думати, що він має

благодійну дію, без надлишків медикаментів дозволяє впливати на перебіг основного та супутнього захворювання, може мати широке терапевтичне застосування на фоні скритого та явного діабету.

Проведені дослідження в Інституті ендокринології та обміну речовин АМНУ також свідчать, що інулін має помірно виражений гіпоглікемізуючий ефект і може застосовуватись хворими на цукровий діабет, як цукрознижуючий засіб. Науковцями цього закладу встановлена особливість інуліну сприяти зниженню в крові хворих на цукровий діабет (II тип) рівня холестерину та тригліцеридів, що дозволяє рекомендувати його як профілактичний засіб для запобігання ушкоджень судин при інсуліннезалежному діабеті.

Результати досліджень в Київській медичній академії післядипломної освіти МОЗ України показали, що у хворих на цукровий діабет на протязі стаціонарного лікування, які отримували інулін (1-2г після сніданку) знижувався рівень цукру в крові ( $15,60 \pm 2,48$  ммоль/л до  $6,25 \pm 1,14$  ммоль/л  $p < 0,001$ ), холестерину ( $15,86 \pm 2,34$  ммоль/л до  $6,28 \pm 0,18$  ммоль/л,  $p < 0,001$ ). При цьому також збільшувалась імунологічна резистентність.

Так, у хворих на цукровий діабет (I-тип) з органічними ураженнями судин у стані декомпенсації вуглеводного обміну та відміченим пригніченням супресорної активності Т-лімфоцитів після комплексного лікування із застосуванням інуліну відмічали активацію супресорної активності Т-лімфоцитів, збільшення відносної кількості І-лімфоцитів. Вміст В-лімфоцитів не відрізнявся від контрольних величин.

Досить значні зміни подібного характеру також спостерігались при комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет (II-тип) із застосуванням інуліну.

Таким чином, результати достатньої кількості клінічних досліджень інуліну рослинного харчового і концентратів інулінових ягідних, плодових і овочевих виробництва МП ТОВ «Інулін, Лтд» дають підставу зробити висновок, що згадана вище продукція має високу біологічну активність. Її доцільно використовувати в складі лікувально-профілактичного і дієтичного харчування при захворюваннях на цукровий діабет, при порушенні ліпідного та холестеринного обміну, при хронічній ішемічній хворобі серця. Добова доза інуліну складає – 5г, концентратів інулінових плодово-ягідних та овочевих – 5г. Строк вживання – 4-6 місяців під контролем лікаря.

Керівник клініки Інституту екогієни  
і токсикології ім.Л.І.Медведя,

Головний дієтолог МОЗ України, к.м.н.



П.О. Карпенко



## Заключення по результатам дослідження впливу препарату інулін та "Фрутафіт" на показники ліпідного обміну у хворих з ІБС.

Коли яка-небудь хвороба починає поширюватися до такої міри, що набуває характеру епідемії, то зусиль одних лікарів не достатньо, щоб поставити обмежувальний кордон. В даний час " вбивцею номер один" називають інфаркт міокарду.

По даним ВОЗ ( 1992 р.) у світі щорічно вмирають від серцево-судинних захворювань близько 12 млн. чоловік, причому значна кількість припадає на інфаркт міокарду. Перспективність боротьби з інфарктом міокарду - одним із найбільш грізних ускладнень ішемічної хвороби серця (ІХС) - підтверджується даними про зміну у смертності населення США та ряді країн Західної Європи. Тут за останні 15-20 років зусилля по попередженню ІХС та її фатальних ускладнень увінчалися успіхом: крива смертності від ІХС чітко поповзла вниз. На жаль, цього не можна сказати про республіки бывшего Радянського Союзу, про Східно-Європейські країни, та про ряд країн, що розвиваються, де поширеність ІХС продовжує рости.

Головною причиною ІХС є атеросклеротичне ураження коронарних артерій. Слово "атеросклероз" складається із двох грецьких слів, що означають "кашкоподібний вміст" та "ущільнення". Цим хотіли підкреслити, що атеросклероз - захворювання, при якому в артеріальній стінці з'являються вогнища кашкоподібної маси, що оточені ущільненою капсулою. Кашкоподібна маса містить жироподібні речовини, перш за все холестерин, котрий, як правило, відкладається в артеріях середнього та крупного калібру із добре розвинутим еластичним прошарком: в аорті, коронарних артеріях, артеріях мозку та ін.

Майже усі компоненти кашкоподібної маси потрапляють в артеріальну стінку із плазми крові. Що стосується потовщеної капсули, то вона утворюється в самій артеріальній стінці і її призначенням є ізолювати холестеринвмісну кашкоподібну масу. Саме маса та оточуюча її щільна фіброзна капсула складають основний елемент атеросклеротичного ураження - так називаємоу бляшку.

Атеросклероз - хронічне, довготривале захворювання, що розвивається на протязі десятиріч, а можливо і усього життя людини. Згідно сучасних уявлень розвиток атеросклерозу пов'язують з проникненням із плазми крові в артеріальну стінку не самого холестерину, як думали раніше, а холестеринвмісних білково-ліпідних комплексів - ліпопротеїдів.

Для того, щоб успішно боротися із захворюванням, необхідно вивчити причини та механізми його розвитку. Однак в основі багатьох захворювань лежить не одна причина, а цілий комплекс різних факторів. Американські дослідники П.Гопкінс і Р.Вільямс у 1981 році опублікували огляд, у якому зробили спробу зібрати по-можливості усі описані в пресі фактори, що сприяють розвитку ІХС. Таких факторів набралось 246. Звичайно, серед них є ведучі, що в значній мірі впливають на розвиток хвороби, і другорядні.

Розглянемо деякі основні фактори ризику.

**А. Гіперхолестеринемія.** Не дивлячись на те, що з часу відкриття холестерину пройшло близько 350 років, про цю речовину до цього часу дуже багато публікацій та дискусій. Так, за період із 1928 по 1985 рік 13 вчених були удостоєні Нобелівської премії за видатні успіхи в вивченні хімічної структури, біосинтезу та фізіологічної ролі цієї речовини.

У хімічному відношенні холестерин - це жировий спирт, тобто сполука, що поєднує у собі властивості жирів та спиртів. Природна схожість із віском

дозволяє йому виконувати функцію клітинного скелету в організмі людини та тварини завдяки тому, що він входить до складу клітинної мембрани. Кожна клітина містить холестерин і він їй потрібен для підтримання своєї форми. Крім того, входячи до складу мембран клітин, холестерин разом із іншими жироподібними сполуками (фосфоліпідами) та білками забезпечує вибірккову проникність мембрани для речовин, що входять та виходять із неї.

Холестерин у організмі є попередником статевих гормонів, гормонів кори надпочечників?, а також жовчних кислот. Крім того, він необхідний для росту організму та поділу клітин.

Синтез цієї речовини здійснюється в клітинах майже усіх органів та тканин, в значній кількості - в печінці та стінці тонкого кишечника. Синтез холестерину починається із простого та доступного матеріалу - оцтової кислоти, що утворюється у великій кількості в процесі обміну вуглеводів та жирів.

Узагалі організм людини здатний забезпечити себе холестерином за рахунок синтезу. Крім того, вживання холестерину з їжею приводить до підвищення його рівня в крові.

У тілі дорослої людини міститься 140 г холестерину; приблизно 80 г постійно оновлюється. Період оновлення триває 80 днів, тобто щодня замінюється приблизно 1 г. За добу у організмі людини окислюється приблизно 450 г холестерину до жовчних кислот, така ж кількість стеринів екскретується з фекаліями, приблизно 100 мг виділяється сальними залозами шкіри і приблизно 40 мг використовується для утворення гормонів. Для відтворення цих витрат організм синтезує близько 700 мг холестерину і приблизно 700-400 мг одержує з їжею.

Гіперхолестеринемія - це підвищений вміст холестерину у крові. У людей з високим вмістом холестерину в крові накопичуються його головні переносчики - бета-ліпопротеїди. До так званої харчової гіперхолестеринемії приводить тривале вживання їжі, багатой на холестерин, в тому числі багатой тваринними жирами. Підвищений вміст холестерину у крові зустрічається також при деяких захворюваннях або має спадкове походження.

Але яка б не була природа гіперхолестеринемії, вона вкрай небажана для організму. Статистика показує, що у різних групах населення між рівнем холестерину та частотою ІХС існує пряма залежність.

**Б. Гіпертригліцеридемія.** В хімічному відношенні тригліцериди - складні ефіри, утворені гліцирином та трьома молекулами вищих жирних кислот. Частина тригліцеридів синтезується в кишечній стінці із продуктів розпаду харчових жирів, інша - в печінці. І ті, і інші тригліцериди із місць їх синтезу потрапляють у кров.

Вживання жирної їжі супроводжується хоча б короткочасним ( на протязі декількох годин) підвищенням рівня тригліцеридів у крові.

По суті у організмі людини та тварин тригліцериди є формою зберігання та транспорту жирних кислот, які по мірі необхідності легко піддаються окисленню. Тригліцериди мають найбільший запас енергії. При окисленні 1 г тригліцеридів звільнюється 9,3 ккал, тоді як при окисленні такої ж кількості вуглеводів та білків - усього лише 4,1 ккал.

Гіпертригліцеридемія - підвищений рівень тригліцеридів у крові. Клінічні спостереження підтверджують, що високий рівень тригліцеридів в крові часто супроводжується розвитком атеросклерозу та ІХС переважно у людей із віком, що перевищує 45 років. Причиною гіпертригліцеридемії є порушення обміну тригліцеридів у організмі, яке може провокуватися або ( усугублятися?) неправильним нераціональним харчуванням та іншими причинами.

**В. Гіпоальфа-ліпопротеїдемія.** Альфа-ліпопротеїди - найменші ліпопротеїдні частки, що містять багато білку ( до 55 %) та фосфоліпідів ( до 30%) та небагато холестерину ( близько 10 %) та тригліцеридів ( 5 %). Ці частки не тільки не мають атерогенної дії, але і затримують розвиток атеросклерозу. Антиатерогенну дію альфа-ліпопротеїдів пов'язують із здатністю цих часток " захватувати" холестерин із периферійних тканин, в тому числі із артеріальної стінки та транспортувати його в печінку. У печінці він використовується для утворення жовчних кислот. Варто відзначити, що менша частота інфаркту міокарда у жінок частково пов'язана з тим, що рівень альфа-протеїдного холестерину в крові у них вище, ніж у чоловіків. Гіпоальфа-ліпопротеїдемія - низький вміст альфа-ліпопротеїдів в крові.

Відомо, що в деяких хворих атеросклерозом та ІХС вміст альфа-ліпопротеїдів в крові досить низький і тому, зниження їх рівня можна вважати одним із факторів ризику атеросклерозу. Однак, сумніви повинні викликати і приграничні значення цього показника, особливо при високому рівні загального холестерину. Тому важливо розрахували холестериновий коефіцієнт атерогенності - відношення холестерина ( ХС ) атерогенних ліпопротеїдів до холестерину антиатерогенних ліпопротеїдів:

$$\text{КА} = \frac{\text{Загальний ХС} - \text{альфа-ліпопротеїдний ХС}}{\text{Альфа-ліпопротеїдний ХС}}$$

Чим вищий цей коефіцієнт, тим більша вірогідність розвитку атеросклерозу і пов'язаних із ним ускладнень. При важких формах атеросклерозу, ускладнених ІХС, вказаний коефіцієнт може досягати 6 та більше. Низьке ж значення цієї величини ( менше 3) характерне для осіб, стійких до ІХС і, що не менш цікаво, для довгожителів.

Нами проводились дослідження дії інуліну на показники ліпідного обміну людини. Було сформовано 4 групи :

1. Здорові добровольці без хронічних захворювань та виявлених відхилень у метаболічних показниках.

2. Відносно здорові люди середнього віку без клінічних проявів ІХС, але із виявленими при лабораторних дослідженнях відхиленнями показників ліпідного обміну.

3. Хворі з клінічними проявами ІХС, що супроводжується підвищеним рівнем ліпідів крові.

4. Хворі з гострим інфарктом міокарда, що супроводжується гіперліпидемією. Клінічні спостереження за усіма пацієнтами проводилися з метою дослідження крові до приймання інуліну і після річного курсу його прийому. Всі учасники дослідження інулін приймали в однаковій дозі - 1 чайна ложка ( 5 г) один раз в день під час сніданку або 3 чайні ложки "Фрутафіт". Дози були підібрані по біохімічним показникам крові ( стійке зниження ліпідних показників). Лабораторні дослідження крові з визначенням стандартного переліку показників ліпідного обміну були виконані на автоматичному аналізаторі фірми "Корнінг".

До першої групи ввійшли молоді співробітники - медики у віці 20-40 років. Ніяких ускладнень або небажаних реакцій зі сторони здоров'я, які можна було би пов'язати з прийомом препарату не відмічено. Інулін не погіршував загальний стан, апетит і функцію апарату травлення. Відхилень від норми лабораторних показників при контрольному дослідженні не виявлено.

Другу групу склали відносно здорові добровільці - співробітники у віці 30-50 років. Вони відрізнялися крім виявленої при лабораторних дослідженнях

гіперліпідемії, частими скаргами диспепсичного характеру, пониженням загального тонуса, слабкість, дисциркуляторними порушеннями.

Прийом інуліну супроводжувався позитивною емоційною реакцією, так як у більшості він нормалізував функцію травлення, сприяв підвищенню життєвого тонусу. Цікаво відмітити, що серед цієї групи пацієнтів були хворі на хронічний гастродуоденіт, виразкову хворобу, хронічний холецистит. Ніякої "сезонності" загострення цих захворювань під час прийому як інуліну так і "Фрутафіту" не відмічали, т.ч. можна вважати, що інулін має лікувально-позитивний вплив на шлунково-кишковий тракт.

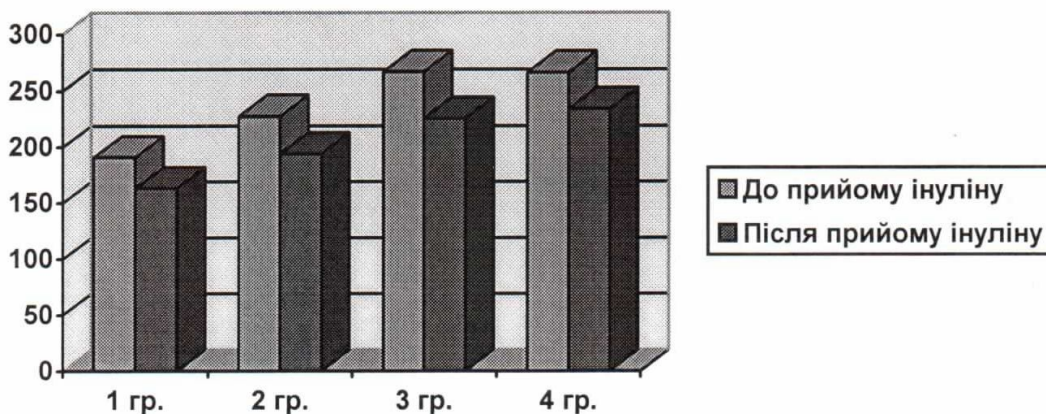


Рис.1. Вплив прийому інуліну на вміст холестерину в крові.

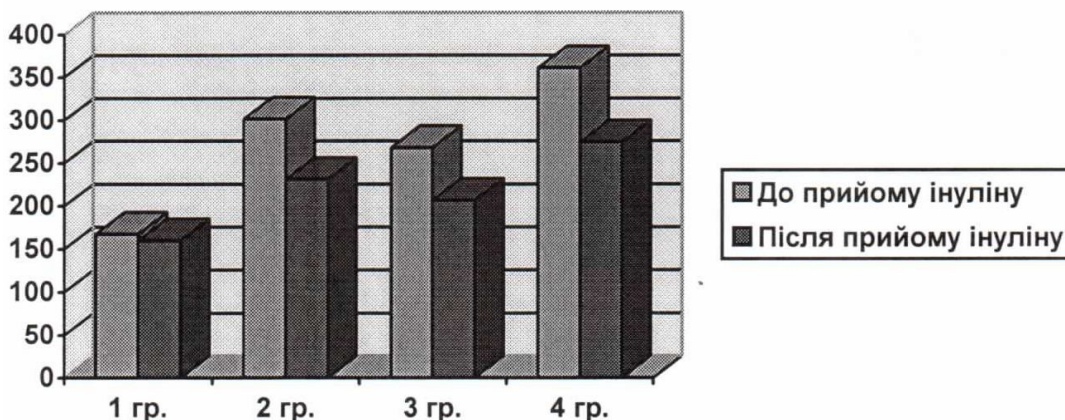


Рис.2. Вплив прийому інуліну на вміст тригліцеридів в крові.

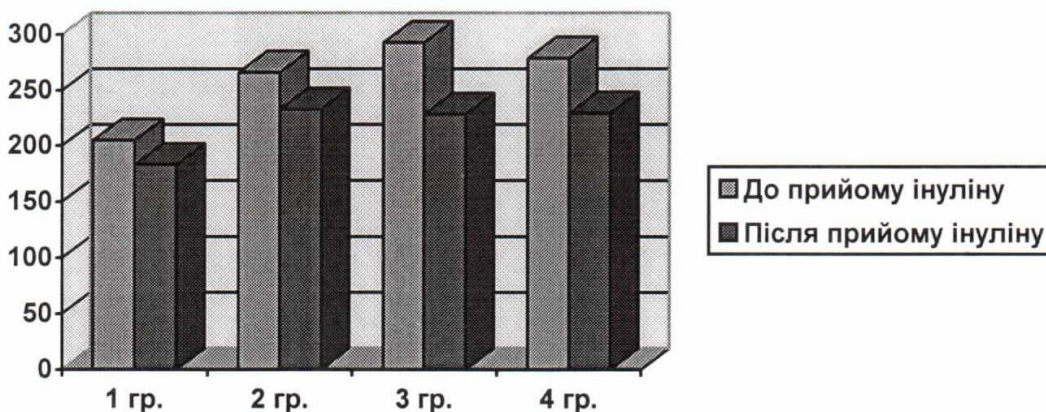


Рис.3. Вплив прийому інуліну на вміст фосфоліпідів в крові.

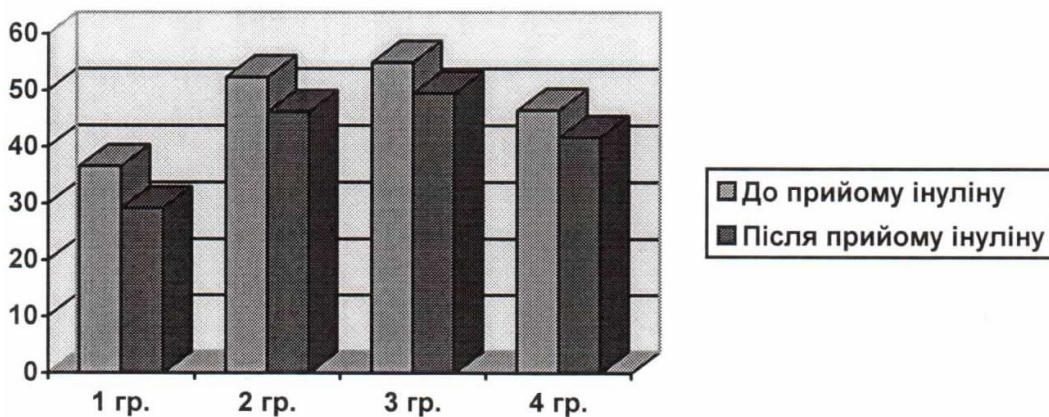


Рис.4. Вплив прийому інуліну на вміст Р-ліпопротеїнів в крові.

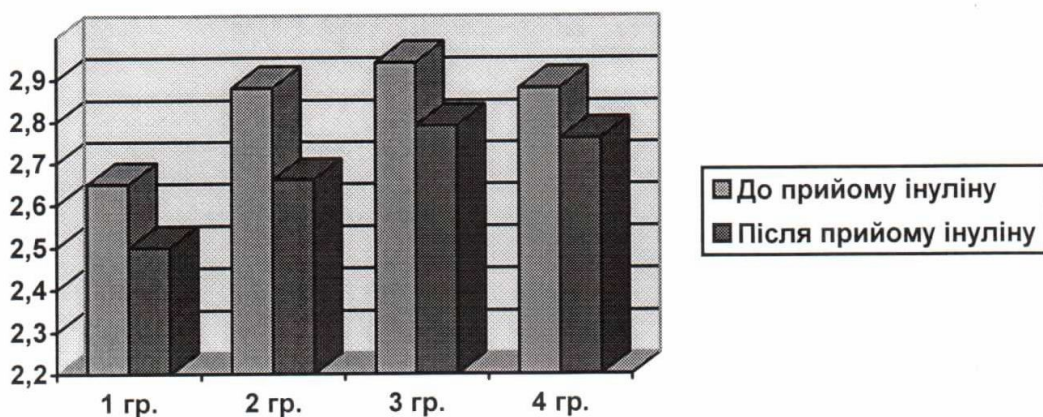


Рис. 5 Вплив прийому інуліну на коефіцієнт атерогенності.

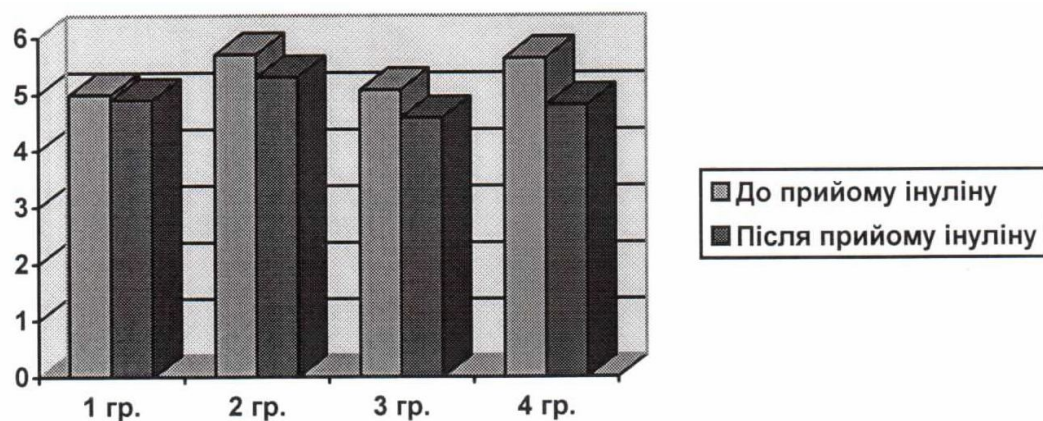


Рис. 6 Вплив прийому інуліну на вміст глюкози в крові.

Лабораторні дослідження показали помітне зниження показників ліпідного обміну (загальних ліпідів, холестерину, холестерину ліпопротеїдів низької густини, коефіцієнта атерогенності). Крім того, відмічена нормалізація рівня печінкових показників.

Третю групу склали хворі, що потрапили на лікування до стаціонару із різними проявами ІХС. Це люди у віці 50-70 років, у котрих крім ІХС висока частота інших хронічних захворювань, зокрема апарата травлення та ендокринної системи. Приймаючи до уваги, що ІХС розвивається на протязі десятиріч, то за короткий

період важко судити про наслідки. Потрібно порівняти частоту рецидивів ІХС на фоні регулярного прийому ІХС, характер протікання захворювань, що супроводжують ІХС при умові позитивних зміщень в ліпідному обміні при біохімічному плановому обстеженні крові у хворих. Тенденцію цих позитивних зміщень явно можна було прослідкувати уже на першому етапі роботи. При клінічному нагляді за хворим на протязі року можна відмітити, що хворі із цієї групи не потрапляли на стаціонарне лікування по швидкій допомозі, що спостерігалось раніше в попередні роки. Гострі прояви ішемічної хвороби серця (прогресуюча стенокардія - передінфарктний стан, недостатність кровообігу - набряк легень, гострий інфаркт міокарда, раптова смерть) - були вкрай випадкові. Особливо це можна відмітити у хворих з супутнім цукровим діабетом, так як саме ці хворі складають основну групу ризику по гострому інфаркту міокарду та раптовій смерті. Саме у цих хворих відмічена стійка стабілізація рівня глюкози у крові на тлі частого зниження і дози сахарознижуючих препаратів та зниження рівня ліпідів крові.

Хворі на інфаркт міокарду, особливо у похилому віці, мають найбільшу частоту досить важких супутніх уражень травної та ендокринної систем, що значно погіршують протікання та прогноз основного грізного захворювання. Уже перший досвід застосування інуліну дозволяє думати, що він має благодійну дію, без надлишків медикаментів дозволяє впливати на протікання основного та супутнього захворювання. Може мати широке застосування на фоні скритого та явного діабету.

Дані щодо біохімічних показників крові до та після вживання інуліну приведені у табл. 1-6.

Паралельно проводились порівняльні дослідження препаратів інулін та "Фрутафіт". Відмічено, що для досягнення стійкого біохімічного та клінічного ефекту достатньо 1 чайної ложки (5 г) інуліну. При цьому для досягнення цих же результатів "Фрутафіт" потрібно 3 чайні ложки (15 г.) на добу.

Аналогічну дію має інулін, розфасований у капсули у тій же дозі.



Гол. лікар Республіканської клінічної лабораторії

Зав. відділенням клінічної лабораторії

Лікар-кардіолог

*В.Ф.Свиридов*  
*Ю.М.Сакун*  
*В.В.Гребенюк*

В.Ф.Свиридов

Ю.М.Сакун

В.В.Гребенюк

Киевский институт  
усовершенствования врачей  
МЗ Украины

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно проведенным экспериментально – клиническим исследованиям длительного введения инулина (1,2,3 месяца) животным и больным сахарным диабетом, подвергшихся воздействию ионизирующево излучения, дано положительное заключение о возможности применения инулина в клинике.

Было проведено определение влияния длительного введения инулина на организм животных, больных сахарным диабетом с нарушением иммунологической резистентности, а также больных сахарным диабетом, проживающих в условиях воздействия малых доз ионизирующего излучения. Работа заключалась в выборе показателей, характеризующих различные виды обмена и изменение их в процессе кормления инулином, а также в определении хромосомных aberrаций до и после длительного введения инулина.

Полученные данные клинического испытания данной серии инулина доказали, что полученный препарат, приготовленный по данной нормативно-технической документации, обладает высокой биологической активностью, не оказывает отрицательный эффект на углеводный, липидный, белковый обмен, на состав крови и показатели сахара.

Подтверждена принципиальная возможность рекомендовать инулин для снижения уровня глюкозы и холестерина, лечения сахарного диабета и коррекции выявленных нарушений иммунитета при воздействии малых доз радиации. Доказан эффект инулина на цитогенетические показателя у больных, проживающих на территории с повышенным радиационным фоном. У пациентов с сахарным диабетом было отмечено угнетение супрессорной активности Т-лимфоцитов,

после длительного приема инулина отмечалось повышение содержания Т-лимфоцитов и активация их супрессорной активности, наблюдалось выравнивание процента супрессии, а также повышался иммуно-

ко

ви.

ан

нии впервые отмечен выраженный агнутый при приеме инулина в течение

дв

сь значительное снижение ряда

хр

оломок, а в некоторых случаях полная

эл

нного воздействия.

бь

спытания показали, что инулин может ольных сахарным диабетом как лечебно-

пр

также как радиопротекторный препарат,

дл

действию ионизирующего излучения

различной интенсивности.

Клинические испытания проведены на базе 12 клинической больницы, кафедры медицинской генетики института усовершенствования врачей и кафедры эндокринологии медицинского университета, согласно договору 1994 г.

Руководитель разработки

К.М.Н., ведущий науч. сотрудник кафедры мед. генетики  
института усовершенствования врачей

Л.Т.Ванюрина



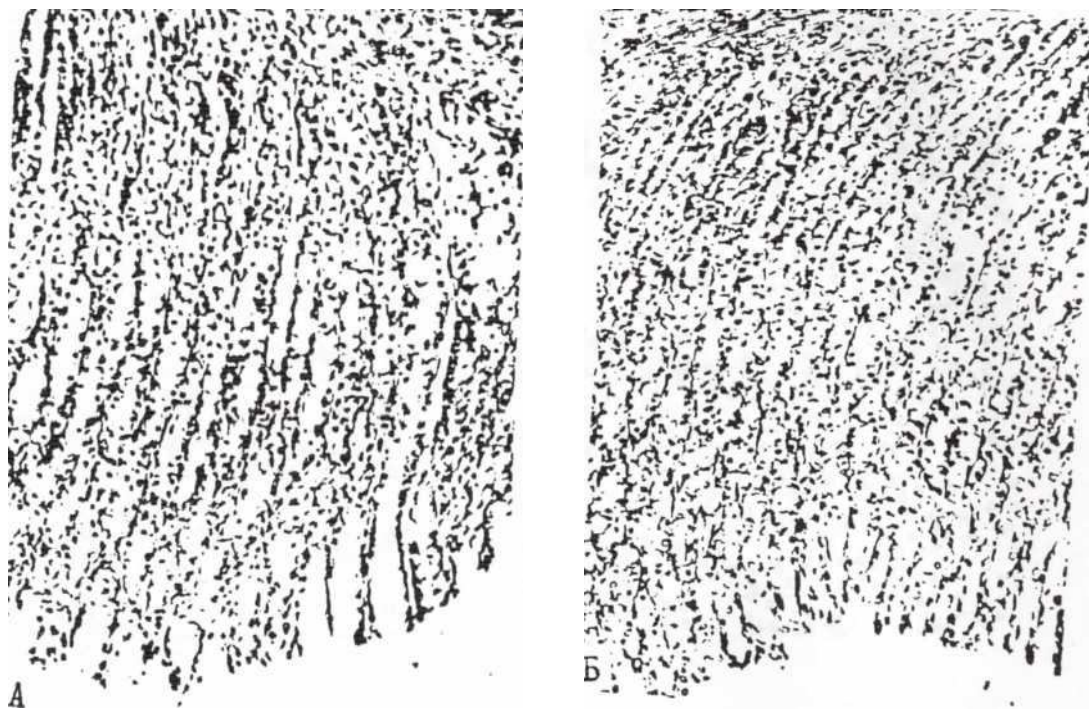




Сердце контрольной крысы (а) и после кормления инулином 1 (б) и 2 (в) месяца. Окраска гематоксилином и эозином.



Надпочечник контрольной крысы (а) и после кормления инулином 1 (Б) и 2 (В) месяца. Окраска гематоксилином и эозином.

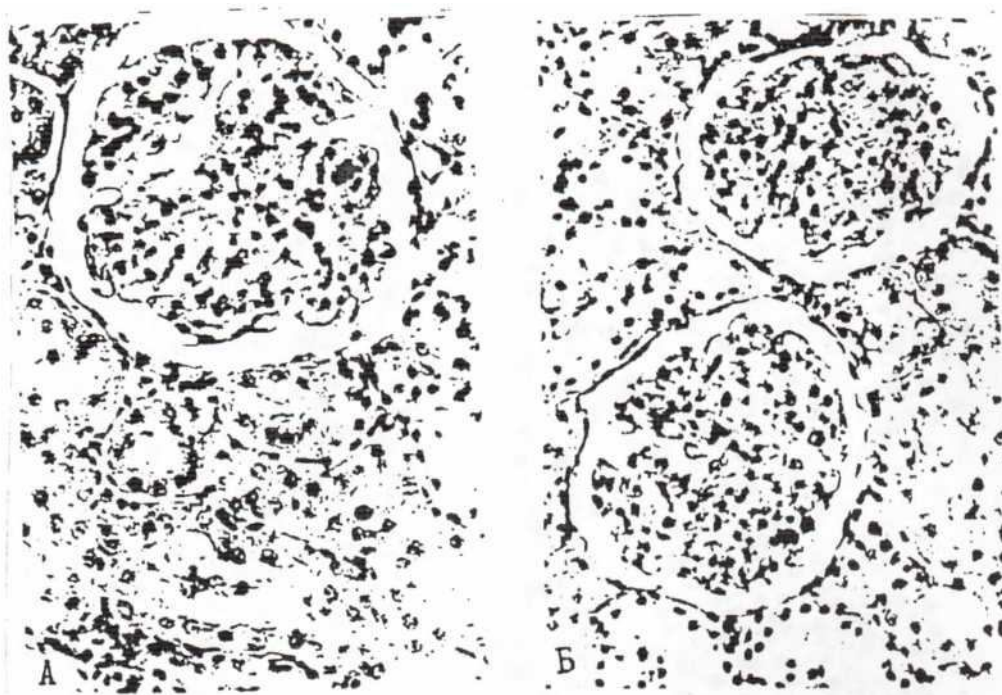


Кишечник контрольной крысы до (А) и после кормления инулином (Б).

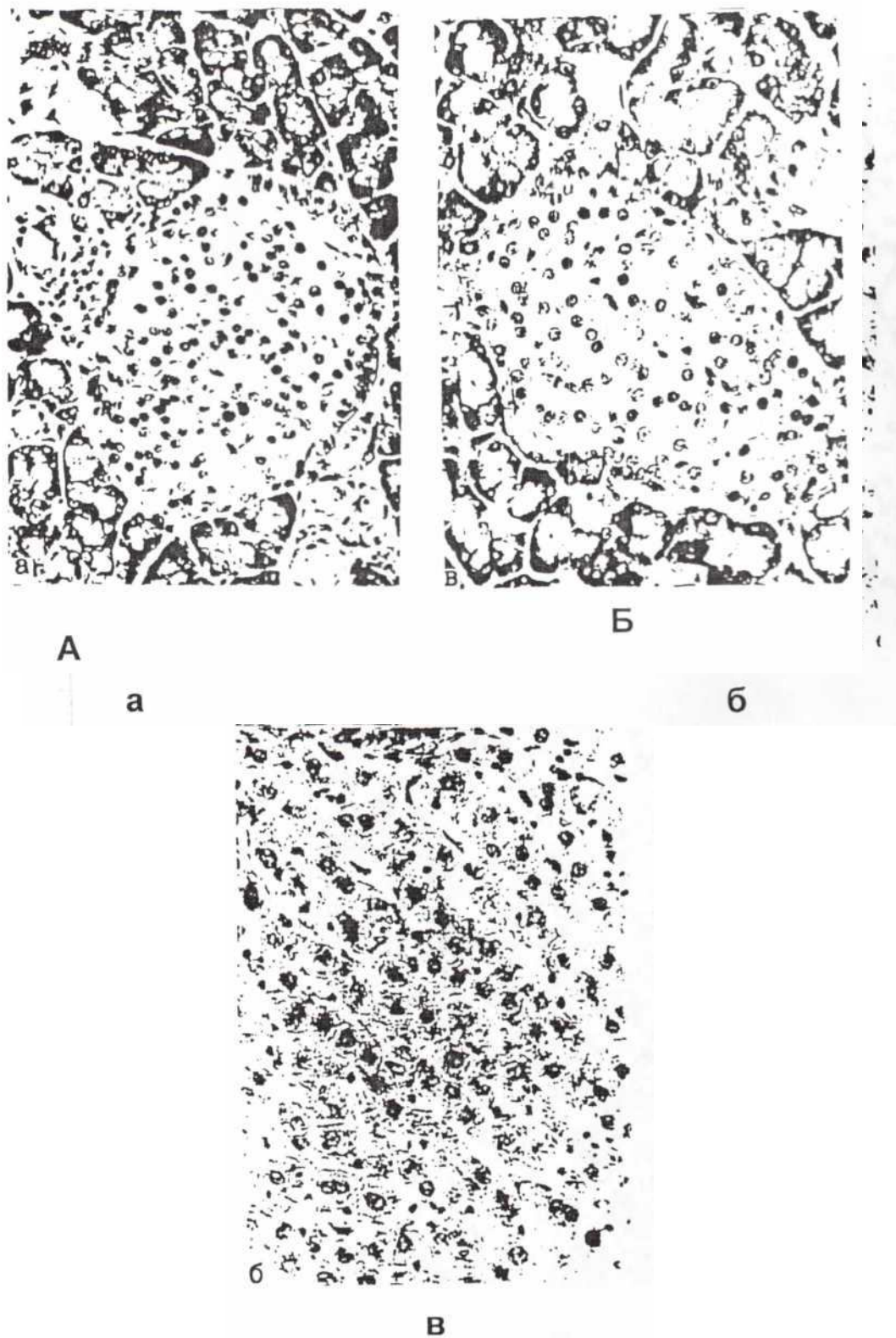
Окраска гематоксилином и эозином.



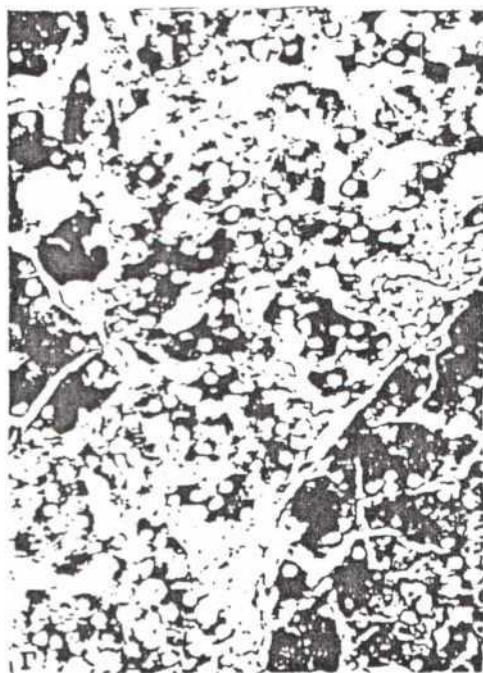
Желудок контрольной крысы (а) и крыс после кормления инулином 1 (б) и 2 (в) месяца. Окраска гематоксилином и эонзином.



Почка контрольной крысы (а) и крысы, получавшей инулин  
1 (б) и 2 (в) месяца. Окраска гематоксилином и эозином.



Печень контрольной крысы до (а) и после кормления  
1 (б) и 2 (в) месяца инулином. Окраска гематоксилином и эозином.



В

Поджелудочная железа крысы до и после кормления инулином.

А-норма, Б- инулин 1мес., В-2 мес.,

Окраска гематоксилином и эозином.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Грушецький Р. І. Інулін – джерела сировини, одержання, властивості: монографія. К.: Знання України, 2003. 112 с.
2. Lezenko G., Bobrovnik L., Grinenko I., Grushetsky R., Guly I., Tsokur J., Vdovenko O. Some aspects of research on inulin and inulin-containing crops in the Ukraine // Studies in Plant Science, 3. Inulin and Inulin-containing Crops / Edited by A. Fuchs. Amsterdam-London-New-York-Tokyo: Elsevier. Wageningen: Department of Phytopathology, Agricultural University Wageningen, 1993. P. 397–400. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів із виділення ВМІ із різної рослинної сировини.*
3. Бобрівник Л. Д., Івчук Н. П., Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Гідроліз інуліну в умовах гетерогенного каталізу // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій: зб. наук. праць / УДУХТ. 1998. №4. С. 29–30. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, створення лабораторного устаткування для проведення гетерогенного каталізу фруктанів, керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнення результатів.*
4. Гріненко І. Г., Грушецький Р. І., Бобрівник Л. Д., Гулий І. С. Інулін – інгредієнт здоров'я // Как сохранить здоровье? Украинские пищевые биологически активные добавки / Под ред. С. А. Лесник, С. В. Фус. К.: Нора-принт, 1999. С. 46–51. *Внесок здобувача: обробка даних із оздоровчої дії ВМІ.*
5. Гріненко І. Г., Грушецький Р. І. Источник сырья – природа // Биологически активные добавки и биопродукты. К.: Нора-принт, 2000. С. 84–87. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*
6. Грушецький Р. І. Кульбаба і скорцонера – перспективні джерела інуліну // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій: зб. наук. праць / УДУХТ. 2001. №9. С. 91–92. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із кульбаби та скорцонери, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*



7. Гулий І. С., Грушецький Р. І. Деякі закономірності осадження високомолекулярного інуліну // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2002. №13. С. 71–73. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень, розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з осадження ВМФ.*

8. Грушецький Р., Гриненко І., Захарченко Т. Інουλін із лопуха // Харчова і переробна промисловість. 2003. №6. С. 24. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, узагальнення результатів.*

9. Грушецький Р., Чумакова О. Фруктозний сироп – з відходів інулінового виробництва // Харчова і переробна промисловість. 2003. №8-9. С. 22. *Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями з одержання фруктозних сиропів, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

10. Гриненко І., Грушецький Р., Чумакова О. Ефективний загущувач // Харчова і переробна промисловість. 2003. №7. С. 22. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями із загущування харчових продуктів, узагальнення результатів.*

11. Грушецький Р., Гриненко І., Захарченко Т., Чумакова О. Корисний напій з відходів інулінового виробництва // Харчова і переробна промисловість. 2004. №5. С. 20-21. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, підготовка інулінвмісної сировини для проведення досліджень, розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями з одержання кави, узагальнення результатів.*

12. Грушецький Р. Продукт, який не містить глюкози // Харчова і переробна промисловість. 2004. №6 С. 23–24.

13. Гриненко І., Грушецький Р. Інулін, збагачений природними сполуками кальцію // Харчова і переробна промисловість. 2004. №11. С. 20–21. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями з одержання збагачених інулінів.*

14. Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Дослідження мінерального складу порошків інулінів // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2004. №15. С. 43–46. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

15. Грушецький Р. І. Дослідження можливості фракціонування інуліну // Харчова промисловість. 2004. №3. С. 12–14.

16. Грушецький Р., Гріненко І., Хомічак Л. Накопичення інуліну в коренях цикорію // Продовольча індустрія АПК. 2013. №2. С. 18–20. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із цикорію, наукове обґрунтування одержаних результатів.*

17. Грушецький Р. І., Хомічак Л. М., Гріненко І. Г., Мірошник В. О. Осадження інуліну етанолом та математичне обґрунтування процесу // Цукор України. 2013. №6 (90). С. 30–32. *Внесок здобувача: одержання вихідних даних для математичної моделі, узагальнення результатів.*

18. Грушецький Р. Накопичення інуліну в коріннях та кореневищах оману // Продовольча індустрія АПК. 2013. №3. С. 30–31. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародної наукометричної бази.**

19. Грушецкий Р. И., Гриненко И. Г. Наиболее перспективные источники высокомолекулярного инулина // Сахар. 2013. №10. С. 52–54. **Стаття у науковому періодичному виданні іншої держави з напряму, із якого підготовлено дисертацію.** *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із кульбаби, лопуха та скорцонері, узагальнення результатів.*

20. Грушецкий Р. И., Хомичак Л. М., Гриненко И. Г. Исследование очистки инулинсодержащих экстрактов при помощи активированного угля // Цукор України. 2013. №9. С. 46–47. *Внесок здобувача: приготування вихідних розчинів ВМФ, визначення оптимальних температурних параметрів очищення.*

21. Хомічак Л. М., Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Родина складноцвітих – перспективне джерело інуліну // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2013. №1. С. 117–122.

*Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, кульбаби, лопуха та скорцонери, узагальнення результатів.*

22. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І., Хомічак Л. М. Желюючі властивості різних інулінів // Цукор України. 2013. №11 (95). С. 12–14. *Внесок здобувача: розроблення методології експерименту, проведення вимірів пружності інулінових гелів, узагальнення результатів.*

23. Грушецький Р. І., Хомічак Л. М., Гриненко І. Г. Одержання симбіотика на основі інуліну та біфідобактерій // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2014. №2. С. 18–22. *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–біфідобактерії.*

24. Грушецький Р. І. Дослідження впливу процесів подрібнення інулінвмісної сировини на одержання соку // Цукор України. 2014. №6 (102). С. 20–22.

25. Грушецький Р. І. Особливості висушування високомолекулярного інуліну // Цукор України. 2014. №11 (107). С. 32–34.

26. Грушецький Р. І. Вплив попередньої обробки рослинної сировини на соковиділення пресуванням // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2014. №3. С. 8–10.

27. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Дашковський Ю. О. Вплив терміну зберігання інулінмісткої сировини на її вуглеводний склад // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2015. №4. С. 4–6. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, одержання зразків ВМФ для аналізу їх якісного та кількісного складу.*

28. Сичевський М. П., Грушецький Р. І. Полімерні плівки на основі полісахаридів // Цукор України. 2016. №6-7 (126-127). С. 32–33. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, підбір оптимального складу сумішей фруктанів для одержання полісахаридних плівок.*

29. Гріненко І. Г., Грушецький Р. І., Григоренко Н. О. Полісахариди як дієтичні волокна: проблеми класифікації // Цукор України. 2016. №10 (130). С. 34–36. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, узагальнення результатів,*

30. Грушецький Р., Гріненко І. Біологічна продуктивність топінамбура при осінньому збиранні врожаю // Продовольча індустрія АПК. 2016. №6. С. 39–41. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: організація дослідної ділянки, аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, узагальнення результатів.*

31. Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Оцінка можливості культивування лопуха в якості сировини для одержання високомолекулярних фруктанів // Таврійський науковий вісник / Херсонський державний аграрний університет. 2017. Вип. 97. С. 35–39. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

32. Грушецький Р., Гріненко І. «*Arctium lappa* L. – перспективна культура для одержання високомолекулярних фруктанів // Продовольча індустрія АПК. 2018. №3. С. 31–34. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, узагальнення результатів.*

33. Грушецький Р. І., Гріненко І. Г., Хомічак Л. М. Дієтична добавка «Інулін з момординою харантія» // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харківський державний університет харчування та торгівлі. 2018. Вип. 1 (27). С. 325–332. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–момордика харантія.*

34. Спосіб одержання інуліну: патент на винахід №10573, Україна: МПК<sup>5</sup> А61К 35/78, А61К 31/715, С08В 37/18 / Бобрівник Л. Д., Грушецький Р. І., Гулий І. С., Гріненко І. Г. №93007155; заявл. 08.09.1993; опубл. 25.12.1996.

*Внесок здобувача: генерування ідей, втілених у заявках, складання опису та формул винаходів, теоретичне обґрунтування рішень, які пропонуються.*

35. Спосіб одержання інуліну: патент на винахід №23774А, Україна: МПК<sup>6</sup> А61К 35/78, С08В 37/17 / Бобрівник Л. Д., Гулий І. С., Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. №97020729; заявл. 20.02.1997; опубл. 16.06.1998. *Внесок здобувача: генерування ідей, втілених у заявках, складання опису та формул винаходів, теоретичне обґрунтування рішень, які пропонуються.*

36. Grekhov A. M., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Grinenko I. G., Guliy I. S. New computer models of the spatial structure of fructans // Abstracts of the III International Fructan Conference, July, 21-24, 1996. Logan, Utah, USA. P. 23. *Внесок здобувача: підготовка вихідних даних фізико-хімічних властивостей фруктанів із різною молекулярною масою для проведення комп'ютерного моделювання будови молекули інуліну.*

37. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. The studies of inulin precipitation conditions // Abstracts of the III International Fructan Conference, July 21-24, 1996. Logan, Utah, USA. P. 23. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень, розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з осадження ВМФ.*

38. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Guliy I. S. Comparative characteristics of inulin extraction from different medicine herbs // Proceedings of the Sixth Seminar on Inulin, November 14-15, 1996. Braunschweig, Germany. P. 57–60. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів з виділення ВМІ із різної рослинної сировини.*

39. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Non-traditional searches of inulin // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 20–26. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, узагальнення результатів.*

40. Grushetskyu R., Vanurikhina L., Guliy I., Grinenko I., Bobrovnik L. The medical investigation of inulin // Proceedings of International Workshop on Inulin as

Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 72–84. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для медичних досліджень, узагальнення результатів.*

41. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Varlamova K. A., Tsapenko V. M. High-Molecular inulin in *Helianthus tuberosus* // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 67–72. *Внесок здобувача: організація дослідної ділянки, аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, узагальнення результатів.*

42. Grushetskyu R. I., Simakhina G. A., Guliy I. S., Bobrovnik L. D., Grinenko I. G. The influence of drying on the inulin quality // Proceedings of Seventh Seminar on Inulin, January 22-23, 1998. Leuven, Belgium. P. 33–34. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з впливу параметрів висушування на якість ВМФ.*

43. Grekhov A. M., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Guliy I. S., Grinenko I. G. The conformation of inulin chains: a molecular mechanics, molecular dynamics and quantum-chemical approach // Proceedings of Seventh Seminar on Inulin, January 22-23, 1998. Leuven, Belgium. P. 46–51. *Внесок здобувача: підготовка вихідних даних фізико-хімічних властивостей фруктанів із різною молекулярною масою для проведення комп'ютерного моделювання будови молекули інуліну.*

44. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Inulin in human nutrition and medicine // Proceedings of the Eighth Seminar on Inulin, July 1-2, 1999. Lille, France. P. 137–141. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

45. Grushetskyu R. Comparative analysis of different methods of inulin isolation // Abstracts of Ninth Seminar on Inulin, April 18-19, 2002. Budapest, Hungary. P. 18–19. *Внесок здобувача: проведення експериментів із виділення ВМІ методами екстрагування та соковіджиму із різної рослинної сировини.*

46. Grushetskyu R., Grinenko I. Features of high molecular inulin procession // 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008. Sapporo, Japan. P. 101. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів з виділення ВМІ із різної рослинної сировини, узагальнення результатів.*

47. Grinenko I., Grushetskyu R. Heals and nutritional aspects of high-molecular inulins // 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008. Sapporo, Japan. P. 53. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

48. Грушецький Р. Дослідження впливу терміну зберігання інулінвмісної сировини в кагатах на якість інуліну // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами III Міжнар. наук.-практ. конф., 4 листопада 2015 р. К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2015. С. 110–111.

49. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І. «Інноваційні технології отримання ягідних і овочевих порошків // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами IV Міжнар. наук.-практ. конф., 30 листопада 2016 р. К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2016. С. 21–22. *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–ягідні та овочеві порошки.*

50. Ukrainets A., Grushetskyu R., Grinenko I. Ingredients of functional and health food: inulins. Kyiv: Znannya Ukrainy, 2004. 83 p. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, написання другого розділу, підготовка матеріалів до публікації.*

51. Грушецький Р., Гриненко І. Мудрость природы: целебные ингредиенты. К.: Знания Украины, 2006. 115 с. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, описання фізико-хімічних властивостей та біологічної дії ВМФ, підготовка матеріалів до публікації.*

52. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Хомічак Л. М. Природні джерела здоров'я. К.: Аграрна наука, 2016. 108 с. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, підготовка матеріалів до публікації.*

53. Пересічний М. І., Корзун В. Н., Карпенко П. О., Грушецький Р. І. та ін. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах. К.: ВД «АртЕк», 2015. 715 с. *Внесок здобувача: розроблення технологічних карт кулінарної продукції з інуліном.*

